

Índice de temas

Tema 1. Introducción a la Electrónica.

Elementos simples 3

La Electrónica. 3

¿Qué es un Semiconductor? 3

Un material semiconductor: el Silicio (Si). 4

Semiconductores extrínsecos. 5

El primer dispositivo electrónico: El Diodo. 6

Conectando una pila al diodo: polarización. 7

Tema 2. Elementos no lineales. 12

Resistencias Variables 12

Resistencias dependientes 12

Condensadores 13

Tipos de condensadores 14

Bobinas 15

Algunos circuitos 15

Tema 3: Transistores 16

Transistor BJT. 16

FUNCIONAMIENTO DEL TRANSISTOR 17

También podemos medir tensiones, voltajes en el transistor. 18

Gráficas de un transistor. 19

Transistor PNP 20

Configuraciones Básicas del transistor 20

Problema con transistores 21

Tema 4: Circuitos Integrados: Amplificadores

Operacionales y Temporizadores 23

Introducción 23

Amplificadores Operacionales ($\mu 741$) 24

Esquema eléctrico del amplificador operacional. 24

Temporizador NE555 27

Funcionamiento del NE555 como retardador de la desconexión (monoestable). 28

Funcionamiento del NE555 como astable (automático). 29

Otros ejemplos: 29

Funcionamiento del NE555 como astable simétrico (automático). 29

Ejemplos de circuitos: 30

Tema 5. Introducción a la electrónica digital.

Puertas lógicas. 31

Números decimales y números binarios: Matemáticas Binarias. 31

Significado de los números binarios en electrónica. 32

Operando con circuitos lógicos. 34

Análisis de circuitos lógicos combinacionales. 37

Familias de puertas lógicas.....	39	<u>Anexo 1. Prácticas</u>	48
Microchips comerciales....:	40	Diodos: Prácticas con diodos led's.....	48
<u>Tema 6. Modulación y demodulación de señales.</u>		Práctica de Carga y Descarga de un	
	42	condensador.....	50
Introducción: Señales y espectros.....	42	Estudiar un circuito con transistores.....	51
Modulación y demodulación.....	43	Prácticas con u741.....	52
<u>Tema 7. Relés y programadores.</u>	45	Prácticas con NE555.....	53
Definición.....	45	Puertas lógicas.....	55
Algunos circuitos.....	46	Ejercicios de tablas de la verdad.....	56
Un circuito importante: cambio de giro de un		Modulación.....	57
motor.....	47		

Tema 1. Introducción a la Electrónica. Elementos simples

La Electrónica.

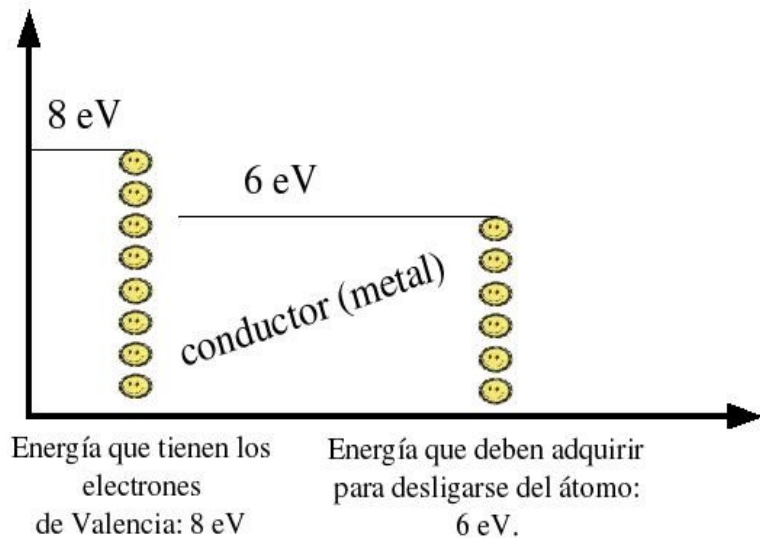
La Electrónica es la parte de las Ciencias Físicas que se dedica a la conducción eléctrica en elementos SEMICONDUCTORES, pero no sólo de ellos. La diferencia con la otra rama denominada Electricidad es pequeña, y ambas ramas están profundamente relacionadas. En la práctica, podemos decir que un circuito es electrónico, y no eléctrico, cuando funciona con tensiones e intensidades bajas (unos pocos voltios y con un consumo de pocos miliamperios), cuando se destina a aplicaciones de cálculo (informática), control automático o manejo de señales de radio.

¿Qué es un Semiconductor?

Antes de explicar lo que es un material semiconductor, debemos repasar lo que se entiende por material aislante y material conductor.. Recordemos que un material **conductor (un metal)** estaba formado por átomos en los que los electrones de valencia (los de la última capa) estaban muy lejos del núcleo, y éstos estaban formando como una nube compartida por todos los átomos del metal. Un electrón podía fácilmente abandonar su átomo, e irse algún hueco libre, dejando a su vez un hueco. Cuando aplicaba una tensión eléctrica, los electrones fácilmente se movían por el cable.

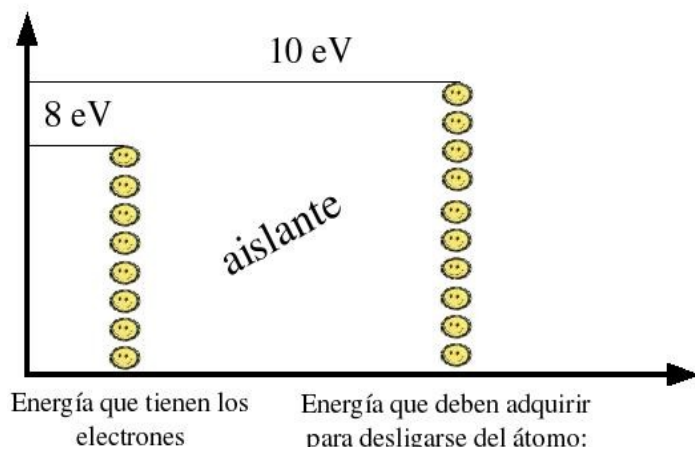
Pero veámoslo de otra forma. Los electrones de valencia se mueven mucho, llevan mucha energía. A esa energía le voy a llamar **Energía de Valencia**. Esta energía se mide en electrones voltios (eV).

Por otra parte, la energía que necesita llevar un electrón para desligarse de su átomo (que es bastante) la voy a llamar **Energía de Conducción**. Si un electrón, de cualquier forma, es capaz de ganar esa energía podrá “decirle adiós a su átomo e irse a otra parte”.

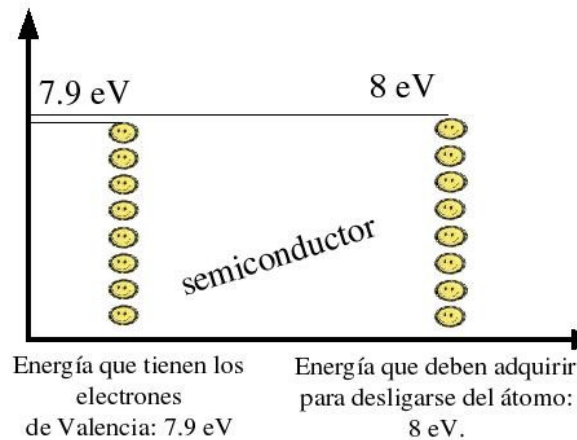


¿Por qué entonces los electrones de un átomo metálico pueden fácilmente irse a otro átomo? Pues es fácil. Porque su energía de Valencia es mayor que la energía de Conducción del átomo.

Gráfica de la energía que tienen los electrones de valencia y la que necesitan para desligarse del átomo (energía de conducción).



En los materiales aislantes ocurre lo contrario. Los electrones no se escapan, y por tanto no conducen la electricidad. Y no se escapan porque la energía de conducción, la que necesitan para marcharse del átomo, es superior a la que ellos tienen. Los electrones de valencia, que son siempre los que mayor energía llevan, no tienen la suficiente. Pero veámoslo mejor en la gráfica de la izquierda.



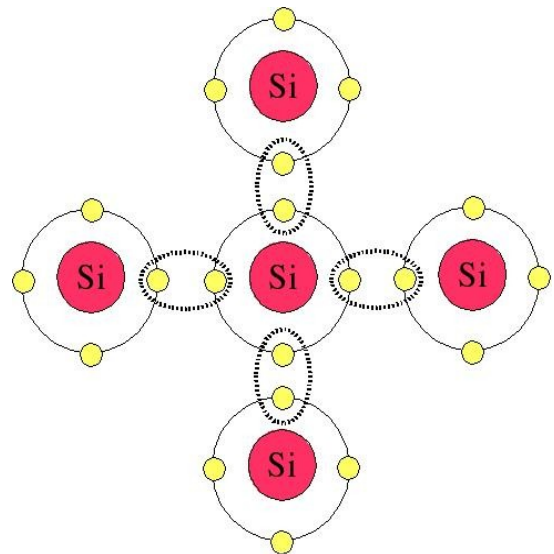
¿Entonces, qué ocurre en los materiales semiconductores? Ocurre que los electrones tienen una energía de valencia muy parecida a la energía de conducción. Así que si los electrones pueden ganar algo de energía que venga del exterior, pueden sobrepasar la energía de conducción y marcharse del átomo. Y al revés, si pierden algo de energía les será más difícil abandonar el átomo. ¿Cómo pueden ganar energía? Por ejemplo, calentándolos, o por ejemplo dándoles la luz, o aplicando una tensión determinada, o incluso dándoles un golpe. ¿Cómo pierden energía? Por ejemplo, enfriándolos.

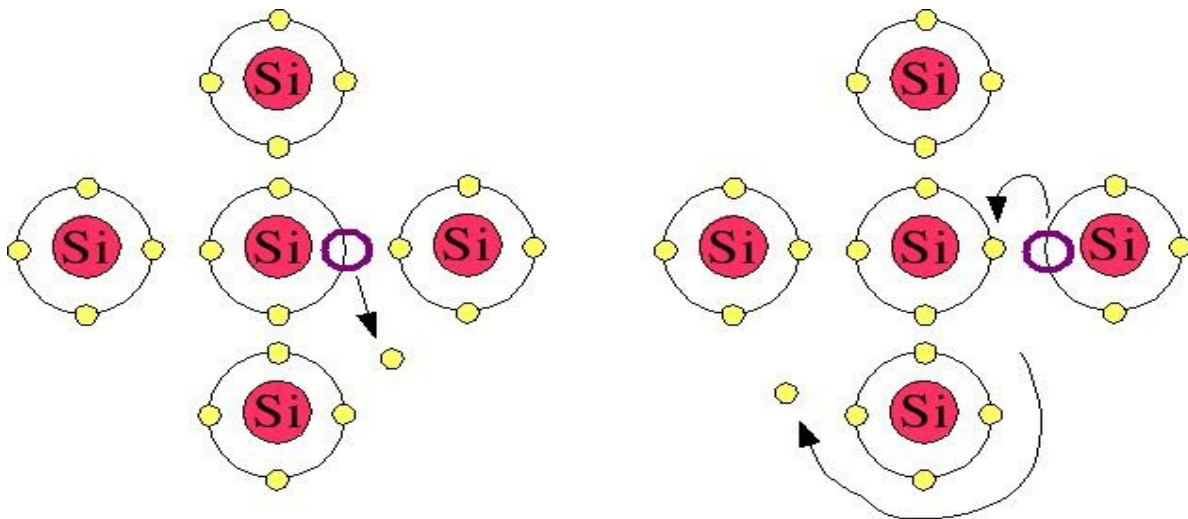
Un material semiconductor: el Silicio (Si).

El Silicio es el material de la Naturaleza más parecido al Carbono. Tiene cuatro electrones de valencia, y forma enlaces covalentes con otros cuatro Silicios que tenga alrededor. En principio debería ser aislante, pero no lo es, es un semiconductor. Otro semiconductor natural es el Germanio (Ge).

Si uno de los electrones, por efecto de la temperatura u otras causas, abandona su lugar (recordemos que casi tienen energía para hacerlo) otro de otro lugar puede saltar al hueco, y otro al hueco, hasta alcanzar de nuevo un equilibrio. Esto genera pequeñas corrientes eléctricas (recombinación).

Un material semiconductor hecho sólo de un solo tipo de átomo, se denomina ***intrínseco***.





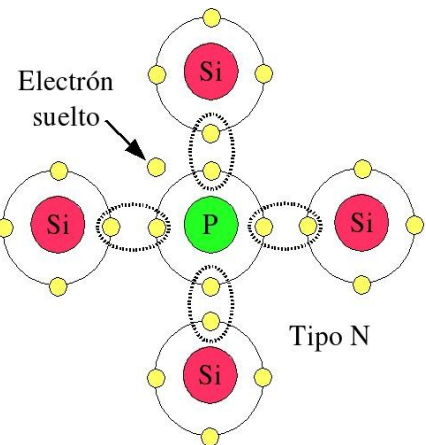
Semiconductores extrínsecos.

Un Semiconductor es extrínseco cuando provoca el fenómeno natural de la creación de corrientes eléctricas que hemos visto. ¿Cómo puedo provocarlo? Pues introduciendo un exceso de electrones o un exceso de huecos.

Semiconductor tipo N

En ellos introduzco átomos de Fósforo (P), Arsénico (As) o Antimonio (Sb). Estos átomos no tienen cuatro electrones de valencia como el Silicio sino cinco. Al introducir estos átomos dentro de la estructura molecular del Silicio, los meto de forma forzada, lo cual resulta que un electrón se queda suelto, sin enlace.

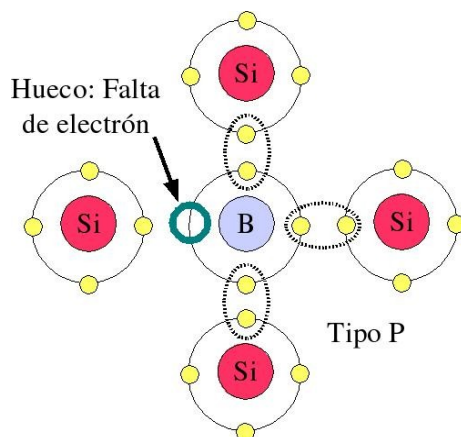
Introducir un átomo en la estructura molecular de otro se llama *dopaje*.



Semiconductor tipo P

De forma parecida, puedo introducir átomos de Boro (B), Galio (Ga) o Indio (In). Estos átomos sólo poseen tres electrones de valencia. En este caso, al introducir un átomo con un sitio libre donde debería haber un electrón, se queda un hueco.

Conclusión: Tanto en el tipo N, porque hay naturalmente electrones sin sitio, libres, moviéndose continuamente, como en el tipo P, que al haber huecos se provoca que electrones enlazados se vayan al nuevo hueco, existen corrientes eléctricas provocadas. Estas corrientes son mayores que si el conductor fuera intrínseco.

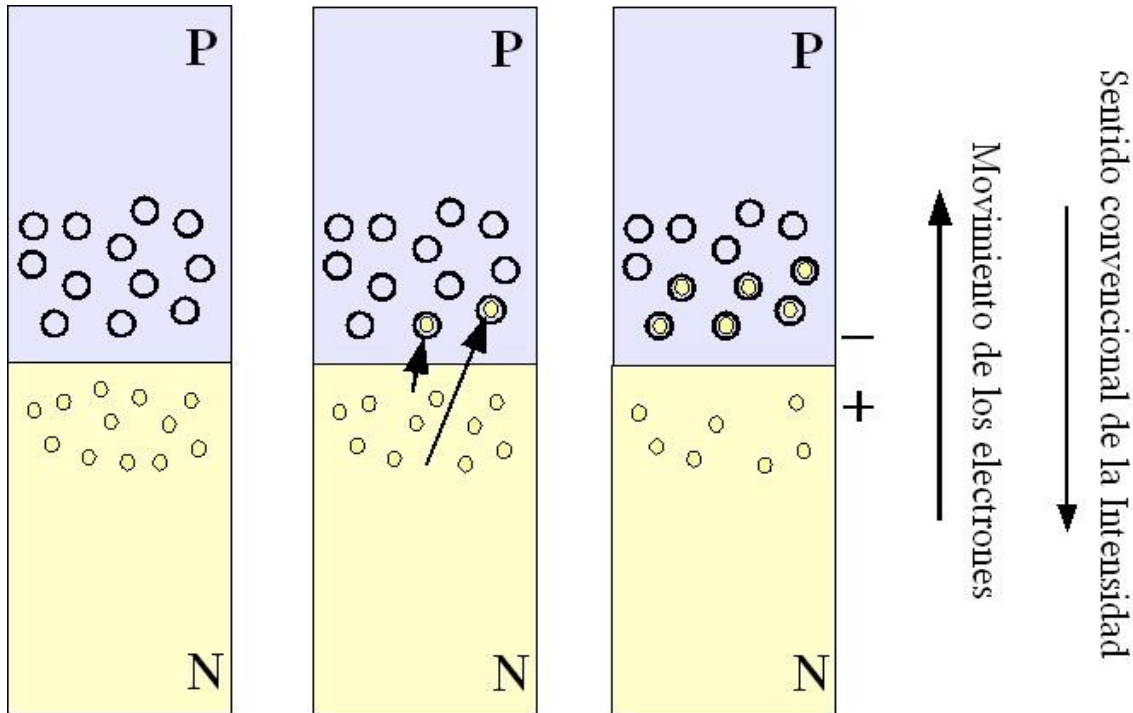


El primer dispositivo electrónico: El Diodo.

<http://electronred.iespana.es/electronred/Diodo.htm>

Se denomina diodo (diodo de unión PN) a la unión de dos semiconductores extrínsecos, uno de tipo P y otro de tipo N. Antes de continuar tenemos que recordar que el material P y el material N, cada uno por separado, son neutros. Si sumamos los protones de todos los átomos de uno de ellos y los electrones que tienen, veremos que su balance de cargas es cero, o sea, tienen el mismo número de electrones que de protones.

Sin embargo cuando se unen, el material N tiene electrones móviles, descolocados, mientras el material P tiene huecos donde pueden ir electrones...



Los electrones de la zona N se mueven (recombinan) con los huecos del material P. Al hacerlo crea una pequeña zona cerca de la frontera entre los dos semiconductores cargada, o sea, en el material N hay un balance de cargas positivo (porque le faltan electrones) y en el material P hay más electrones de la cuenta, luego hay un balance de cargas negativo (le sobran electrones).

Resumiendo, ¿Qué ocurre cuando los dos materiales se unen, entonces?

1. Los electrones del material N se recombinan con huecos del material P.
2. Se crean dos zonas de carga, una positiva en el material N y otra negativa en el material P.
3. En el momento de unirse, hay electrones que se mueven del material N al material P, luego hay una intensidad **I**, cuyo sentido va del material P al material N (sentido convencional).
4. El que se mantenga en cada zona un balance de cargas positivo-negativo no es habitual en la naturaleza pues atenta contra la ley universal de la neutralidad de carga. Por razones que no se salen del tema, ocurre este proceso, pero no todos los electrones del material N pasan al material P. Sólo los que están cerca de la frontera, en una estrecha zona. Esta zona se conoce como **zona de deplexión**. También se mantiene una diferencia de potencial llamada **tensión umbral del**

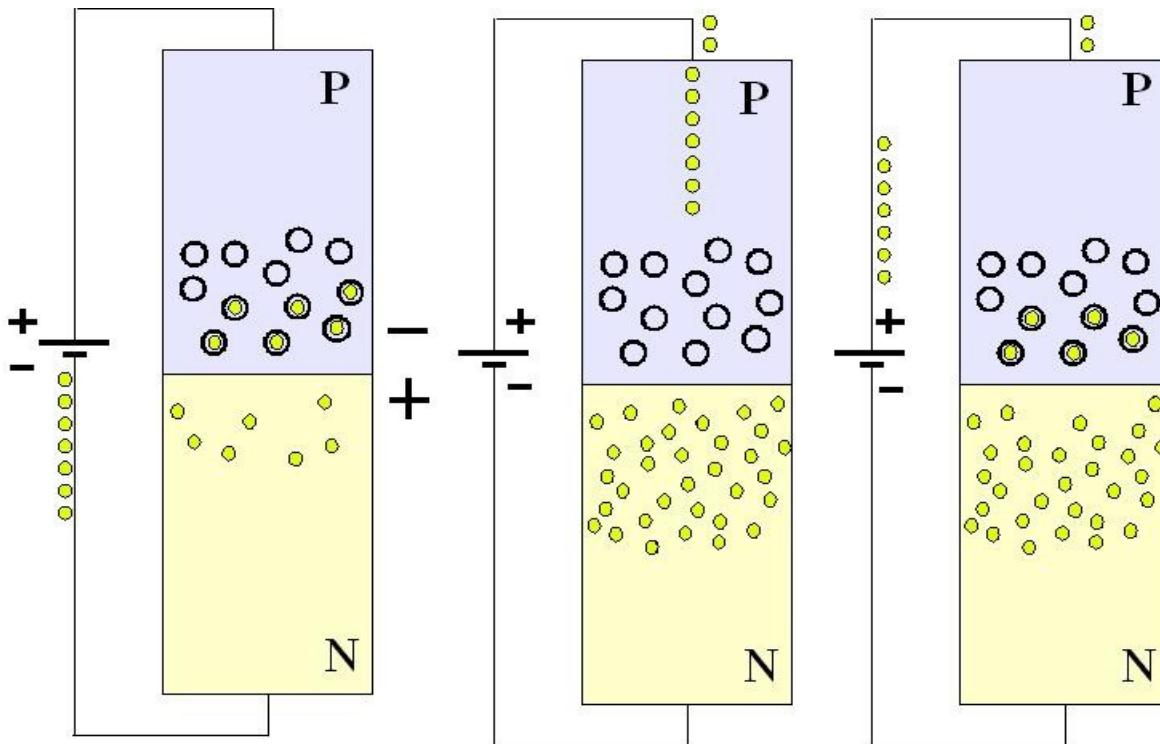
diodo.

Conectando una pila al diodo: polarización.

El positivo de la pila lo conecto a la zona P y el negativo a la zona N.

Podemos distinguir tres fases:

1. Los electrones de la pila se ven atraídos por una zona de carga positiva, y salen del terminal negativo, saturando la zona N de electrones.
2. Por otra parte, los electrones que rellenan los huecos de la zona P se ven atraídos por el terminal positivo de la pila y se marchan hacia ella.
3. Como se quedan huecos vacíos y en la zona N hay un exceso de electrones, éstos empiezan a rellenar esos huecos saltando la frontera entre los dos diodos.
4. Este proceso se repite continuamente, mientras no se gaste la pila. Mientras haya electrones en la parte negativa de la pila saldrán electrones hacia la parte N y volverán desde la P al positivo de la pila.

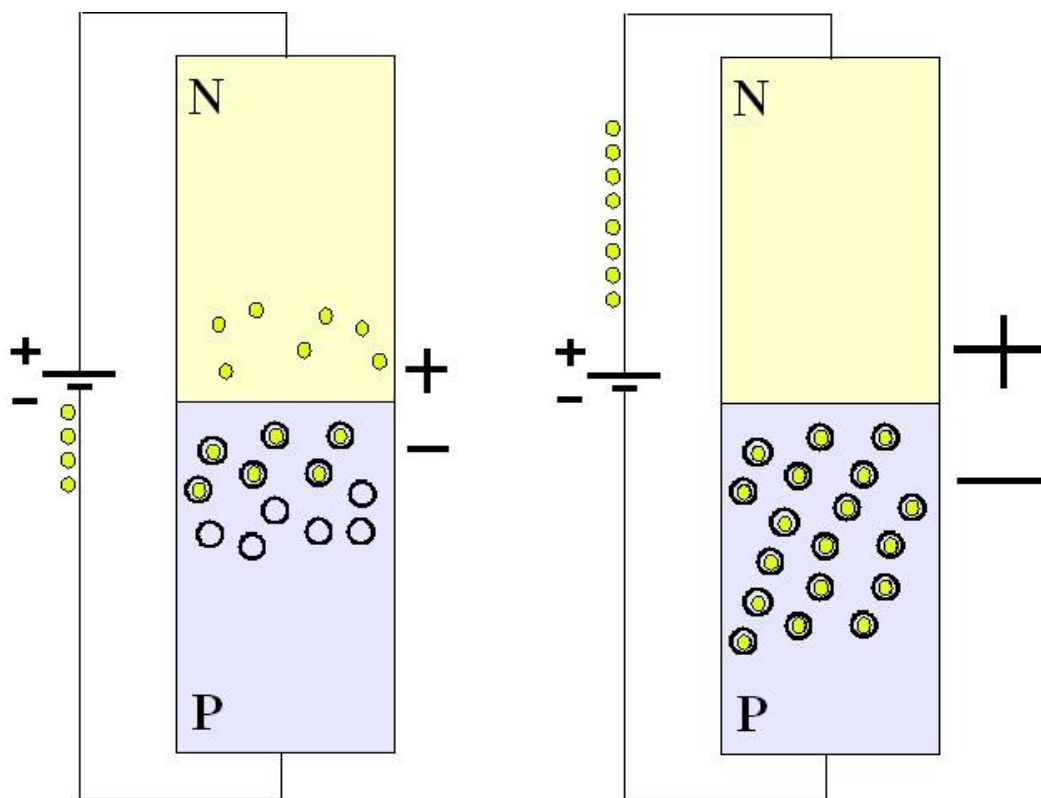


Observaciones: en esta polarización (polarización directa) ocurre lo siguiente:

- Los electrones van en el sentido de la zona N a la zona P, luego el sentido de la intensidad (sentido convencional) es el contrario. ***La intensidad va de la zona P a la N.***
- En este caso, la unión de los dos semiconductores en el diodo se comporta como un conductor.
- ***Una cosa importante que no se va a explicar en profundidad:*** Para que los electrones circulen en polarización directa la tensión de la pila debe ser superior a la tensión umbral del diodo. Según el tipo de diodo, la tensión umbral es de 0.2 a 0.8 Voltios.

El negativo lo conecto a la zona P y el positivo a la N.

Se denomina *polarización inversa*.



En este caso, ocurren dos cosas:

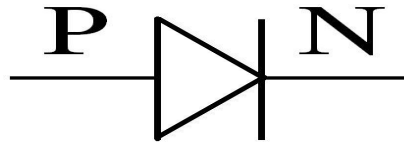
1. Electrones de la pila, del polo negativo, salen para ocupar los huecos presentes en el material P. La zona de carga negativa, cuyo balance de carga era negativo, ahora lo será aún más.
2. Por otra parte, los electrones de la zona N se sienten atraídos por el polo positivo de la pila y se van hacia allí, dejando la zona N sin electrones, con un balance de carga más positivo aún.

Podemos observar lo siguiente:

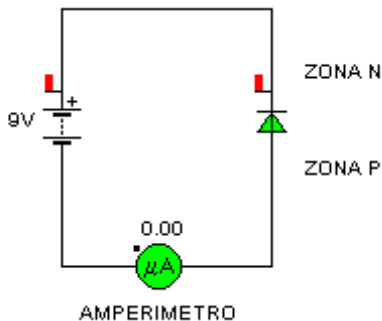
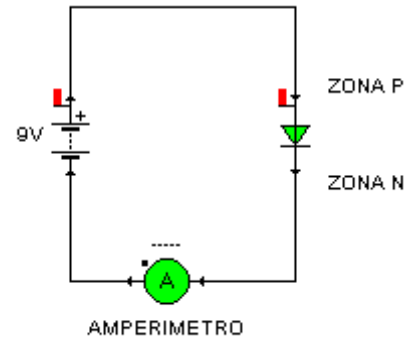
- Nada más conectar la pila se da este movimiento, de electrones del negativo de la pila hacia P y de N hacia el polo positivo de la pila. Pero esta situación dura muy poco. Pronto los electrones dejan de circular. Por una parte todos los huecos de P están ocupados y no hay electrones que los ocupen desde la zona N. El diodo se bloquea. Se dice que está **saturado**.
- El pequeño y momentáneo movimiento electrónico, se da entre el polo negativo de la pila y el positivo. En el sentido convencional la intensidad iría del polo positivo al negativo, atravesando el diodo de la zona N a la P. Esa pequeña intensidad momentánea se denomina **corriente inversa de saturación**. Esta corriente suele ser de pocos microamperios.

Representación del diodo.

El diodo se representa con el símbolo básico de un triángulo, con una raya en el vértice opuesto. La base del triángulo es la zona P y el vértice la zona N.

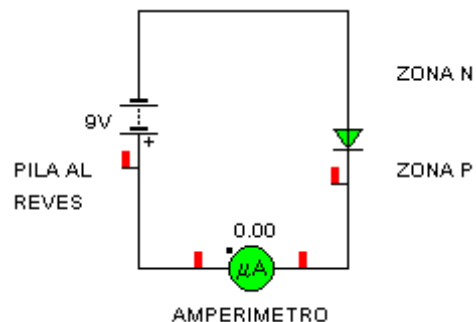
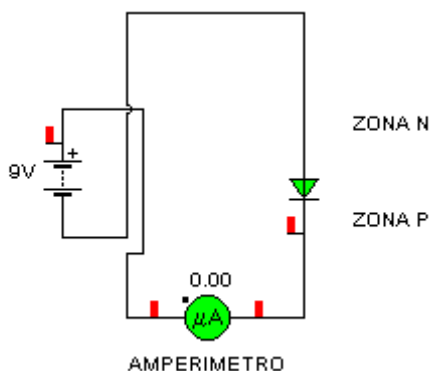


Tal como hemos visto antes, si ponemos una pila con el positivo conectado a la zona P, y el negativo a la N, estamos conectando el diodo en polarización directa. Circulará una corriente que podemos medir con un amperímetro. El circuito de la derecha es IDEAL, no se suele usar porque sólo gastaría la pila.



Si ponemos ahora el diodo al revés, lo polarizamos inversamente. En este caso no circulará corriente ninguna por el amperímetro. El amperímetro marca cero amperios. Al diodo podemos darle la vuelta y colocarle la tensión de la pila positiva, o bien, dejarlo como está y poner la tensión de la pila negativa, o con los cables positivos y negativos cambiados. Son situaciones análogas de polarización inversa.

Situaciones análogas de polarización inversa:

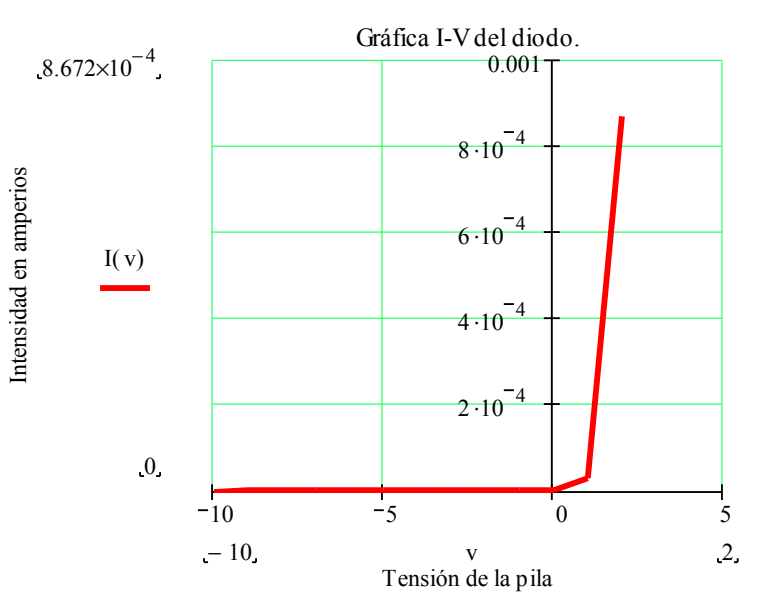


Gráfica I-V del diodo.

Coloquemos una fuente de tensión al diodo, y, por cada valor de tensión, mido la intensidad que circula por el circuito. Vamos a suponer que la fuente de tensión puede poner valores negativos de tensión continua (en la práctica, los valores son positivos pero le podemos dar la vuelta a los polos positivos y negativos).

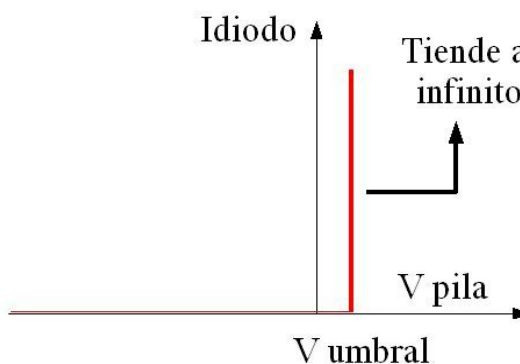
En este caso, si vamos cogiendo valores de intensidad según los valores de tensión de la pila observaremos que:

1. Si los valores son negativos, no circula intensidad.
2. Si son positivos, pero menores que la tensión umbral del diodo, tampoco circula intensidad.
3. Si son positivos, mayores que la tensión umbral, circula una intensidad alta, teóricamente casi infinita.



Hasta la tensión de 0.3 Voltios (en este ejemplo he escogido una tensión umbral de 0.3 Voltios) aproximadamente por el circuito no circula intensidad. Cuando ya, aumentamos el voltaje a 1, 2 y más voltios, va circulando cada vez una intensidad más alta.

Si el diodo fuese ideal, su gráfica sería una “L” invertida. A partir de la tensión umbral, circula una intensidad **idealmente** infinita. En la práctica, el diodo polarizado en directa, deja pasar la corriente y en inversa no la deja pasar. También en la práctica, los diodos no aguantan cualquier tensión (positiva o negativa). Si nos pasamos de unos valores, o se queman o se convierten en conductores. En este último caso se llama tensión de ruptura a la tensión a la que se convierten en conductores.

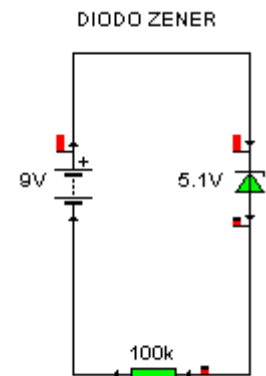
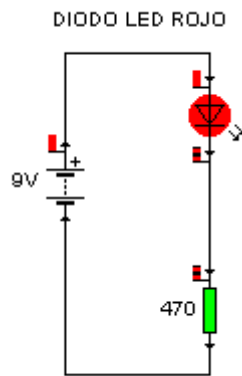


Tipos de Diodos

Hay muchos tipos de diodos: podemos definir los diodos de potencia, que aguantan tensiones altas sin abandonar las características de un diodo, los de Silicio (referencia comercial 1N4001-1N4007, por ejemplo, de tensión umbral 0.6 a 0.8 voltios aprox.) para propósitos de rectificación, los de Germanio (1N4148) con una tensión umbral de 0.2 ó 0.3 Voltios, para propósitos generales, los LED's (abreviatura inglesa de Light Emitting Diodes – Diodos emisores de luz) que son como bombillas cuando se les polariza en directa y los diodos Zener, que tienen una tensión de ruptura baja y sirven para propósitos de estabilización de señales continuas. Algunos ejemplos los tenemos aquí:

Los diodos Zener se representan con el triángulo del diodo y una “Z”. El diodo LED lleva dos flechitas indicando que da luz.

Los diodos LED deben llevar una resistencia en serie de unos 100 – 1000 Ohmios para poder iluminar. Si se le pone una menor se pueden quemar y si mayor, no dan luz. Los diodos LED's son muy usados en aparatos electrónicos corrientes: (Luz de disco duro, luces de stand-by, infrarrojos del mando, etc.)



Problema típico con diodos:

¿Qué intensidad circulará por la resistencia en el circuito de la derecha?

En primer lugar los datos: tensión de la pila 9 V, resistencia de 820 Ohmios. Tensión umbral del diodo, unos 0.7 Voltios.

En este caso, la tensión a la que está sometida la resistencia es la tensión de la pila **menos** la tensión que necesita el diodo para conducir, 0.7 Voltios.

$$I = \frac{V - V_{umbral}}{R} = \frac{9V - 0.7V}{820 \cdot \Omega} = 10.1 \cdot 10^{-3} \cdot A = 10.1 \cdot mA$$

Ejercicios:

1. Si tengo un diodo de $V_{umbral} = 0.8$ Voltios, calcular que intensidad circula por un circuito con una resistencia de 1 K Ω conectado a una pila de 10 Voltios.
2. Quiero que pasen 30 mA por una resistencia de 12 K Ω , sabiendo que tengo un diodo de 0.8 Voltios de tensión umbral. ¿Qué tensión tiene que tener la pila?
3. Idea una manera de calcular la tensión umbral de los diodos y explícala.

Tema 2. Elementos no lineales.

Resistencias Variables

<http://electronred.iespana.es/electronred/resistencia.htm>

<http://electronred.iespana.es/electronred/RNOLINEALES.htm>



Símbolo de la resistencia variable.



Las resistencias variables son resistencias cuyo valor puedo cambiar a voluntad. Las hay de tamaño grande o pequeño, horizontales o verticales, lineales y logarítmicas. En general, una resistencia variable, por ejemplo de $10\text{ K}\Omega$, tendrá tres contactos y actúa como dos resistencias en serie. Entre el contacto central y uno de los contactos laterales tendrá un valor menor de $10\text{ K}\Omega$ y entre la central y el otro contacto lateral un valor complementario. Por ejemplo, si entre el centro y el contacto izquierdo pongo $3\text{ K}\Omega$, entre el centro y el derecho tendré $10\text{ K}\Omega - 3\text{ K}\Omega = 7\text{ K}\Omega$.



Son usadas como reguladores de los distintos parámetros de un circuito. Aquellas de vástago largo al que se le puede aplicar un mando se suelen denominar potenciómetro.

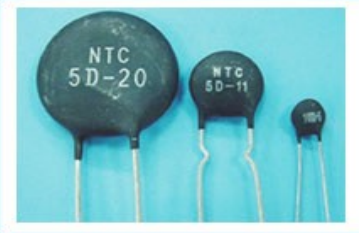


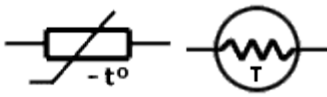

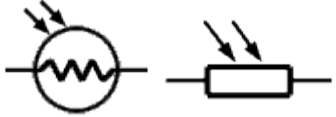


Resistencias dependientes

Las resistencias dependientes son resistencias cuyos valores dependen de parámetros externos al circuito. Pondremos de ejemplo las resistencias que dependen de la temperatura exterior (NTC y PTC) y de las resistencias que dependen de la luz (LDR).

De las dependientes de la temperatura decir que NTC significa coeficiente de temperatura negativo y PTC, coeficiente de temperatura positivo. En las primeras, al aumentar la temperatura disminuye la resistencia, y en las segundas, al aumentar la temperatura la resistencia aumenta. Se utilizan como controles de temperatura, protección de circuitos, retardadores de accionamiento, etc.

Las LDR (resistencias dependientes de la luz), aumenta la resistencia al aumentar la cantidad de luz que inciden sobre ellas. Sirven como elementos de control de circuitos, alarma, medida, etc.

<i>NTC</i>	<i>PTC</i>	<i>LDR</i>
		
		

Condensadores

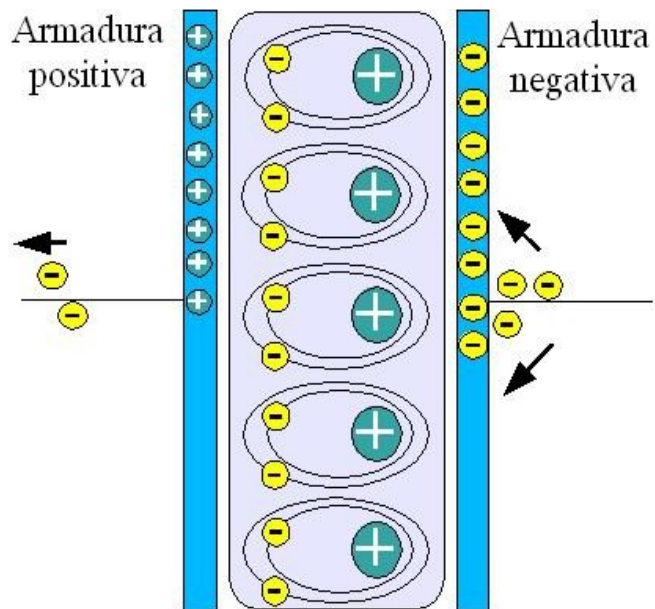
Los condensadores son elementos indispensables en los circuitos. Su misión principal es la de almacenar carga eléctrica (“almacenan” un número determinado de electrones).

Consisten en dos placas o armaduras metálicas separadas entre sí por un aislante al que se le suele denominar **dieléctrico**. Los terminales del condensador van soldados a las placas metálicas.

Para explicar el funcionamiento del condensador recordemos que en un aislante no pasa nunca la corriente eléctrica porque los electrones de valencia están firmemente sujetos al núcleo de los átomos.

Una explicación sencilla, pero no exacta, del fenómeno es la siguiente:

1. Los electrones llegan a la armadura negativa y ven que no pueden pasar por allí, porque hay un aislante, por lo tanto se distribuyen por la superficie metálica.
2. El aislante (dieléctrico) no suelta sus electrones, pero los núcleos de los átomos son positivos y se ven atraídos por los electrones de la armadura. Los electrones de valencia de los átomos del aislante se ven repelidos.
3. Estos electrones, a su vez, repelen los electrones de valencia del metal de la otra armadura que emigrarán hacia otro polo positivo.
4. Cuando se llene la armadura negativa de electrones y la positiva ceda todos los que pueda y se quede completamente positiva, se dice que el condensador está cargado. Un condensador conectado a una pila se carga casi instantáneamente. Para retardar su carga se debe poner una resistencia en serie.



Un dato importante de un condensador es su **capacidad eléctrica**. La capacidad es la relación entre la carga del condensador (número de electrones expresados en culombios) dividido entre el voltaje al que se somete el condensador.

$$C = \frac{Q}{V}$$

La Capacidad de un condensador se mide en **Faradios (F)**. Los condensadores normales tienen una capacidad de mili o micro faradios (F).

- Ejercicio: Calcula la capacidad de un faradio cargado con $5 \cdot 10^{20}$ electrones en su armadura negativa sometido a un potencial de 10 Voltios.

- Calcular la carga de ese número de electrones. Recordar que 1 Culombio equivale a


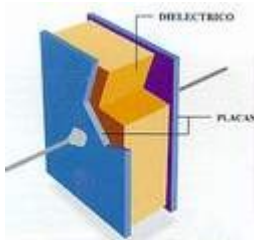
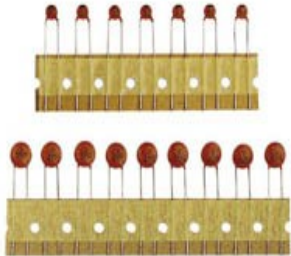

$$6.25 \cdot 10^{18} \text{ electrones: } Q = \frac{5 \cdot 10^{20}}{6.25 \cdot 10^{18}} = 80 C$$

- La capacidad sería: $C = \frac{Q}{V} = \frac{80 \cdot C}{10 \cdot V} = 8 F = 8000 mF = 8 \cdot 10^3 mF$

Tipos de condensadores

<http://electronred.iespana.es/electronred/condensador.htm>

En cuanto a los tipos de condensador que existen básicamente son dos: polarizados o no polarizados. En los **no polarizados** no existen diferencias entre los terminales. Cualquier armadura puede ser positiva o negativa. Pueden ser de **plástico, de papel o cerámico** según sea el aislante. Para saber su valor o bien viene impreso, o bien viene con un código de colores.

		
Símbolo del condensador		

Los otros tipos posibles son los **polarizados**. En estos hay que diferenciar la armadura negativa de la positiva y nunca aplicar tensiones negativas a los mismos. Son cilíndricos, y en ellos viene su valor (normalmente en microfaradios – μF -) y bien señalizado el terminal negativo.

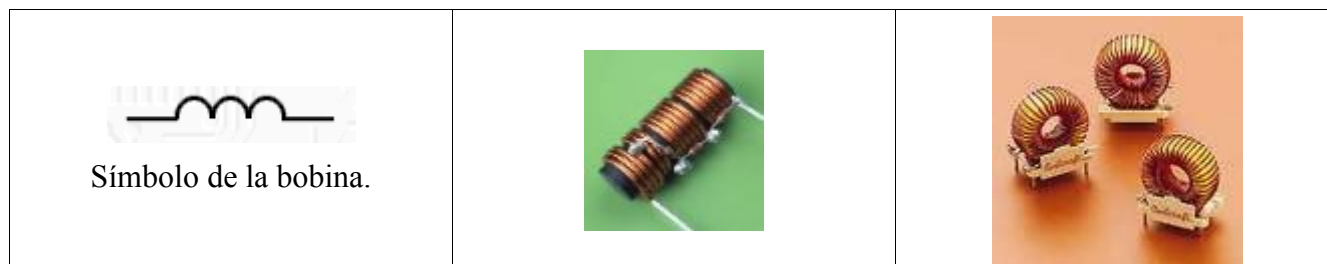
		
---	--	---

En los condensadores electrolíticos también aparece otro dato: la tensión máxima que pueden soportar. Por ejemplo, el de la fotografía es 100V 2.2 μ F, es decir, soporta una tensión de 100V y tiene una capacidad de 2.2 μ F. Si lo sometemos a 125V se quemará.

Otros tipos son los de tántalo, mica, etc.

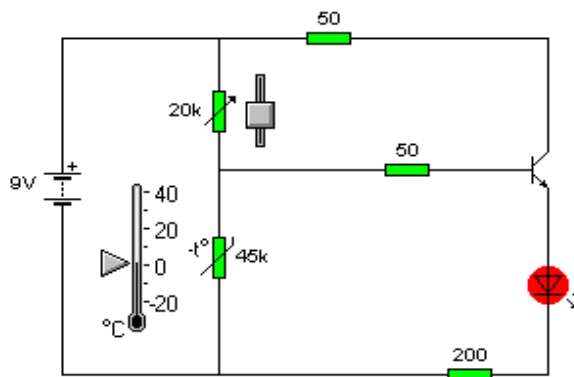
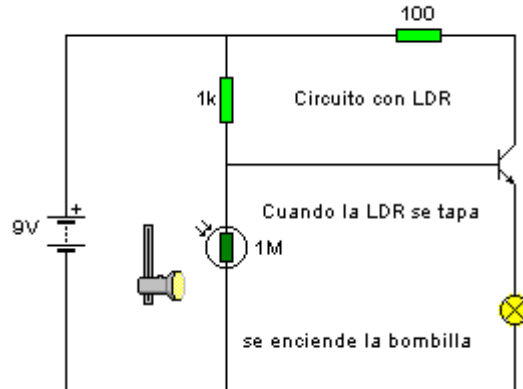
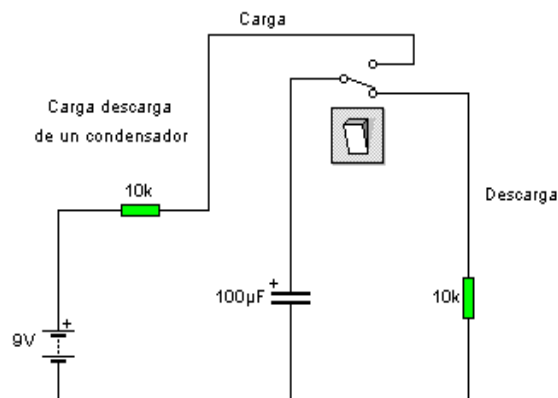
Bobinas

Las bobinas son arrollamientos de conductores sobre piezas metálicas. Tienen la propiedad de crear campos magnéticos al paso de la corriente eléctrica. Su capacidad de generación de campos magnéticos se mide en Henrios (H) y comunmente en mH. Los motores eléctricos suelen constar de más de un bobinado.



Hay bobinas de núcleo de ferrita, de núcleo sólido, toroidales, etc. También se pueden hacer directamente en una placa electrónica. Sin embargo, su uso en electrónica es mínimo pudiendo sustituirse su funcionalidad con otros dispositivos.

Algunos circuitos



Tema 3: Transistores

Los transistores son los dispositivos electrónicos capaces de realizar dos tareas básicas distintas: amplificar señales y servir de interruptores controlados (y por lo tanto capaces de dar soporte a toda la electrónica digital). El desarrollo tecnológico del siglo XX en cuanto a telecomunicaciones, informática y automatización de múltiples tareas no hubiese sido posible sin haber sido inventado este pequeño dispositivo. Televisores, radios, ordenadores, electrodomésticos, maquinarias varias y hasta juguetes lo usan de una u otra forma. Si comparáramos el cuerpo humano con cualquier circuito electrónico el equivalente de una neurona (célula cerebral) sería un transistor. Quizá podría afirmarse que es el invento más importante de la era de las telecomunicaciones.

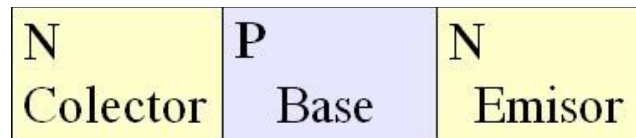
Hay tres tipos de transistores: el BJT (Bipolar Junction Transistor – Transistor de unión bipolar), el transistor FET (Field Effect Transistor – Transistor de efecto campo) y el CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor – Semiconductor metal óxido complementario). Nosotros sólo vamos a aprender algunas nociones del primero, el BJT. El segundo, el FET, es poco relevante y el CMOS es el transistor básico usado en la construcción de microchips.

Transistor BJT.

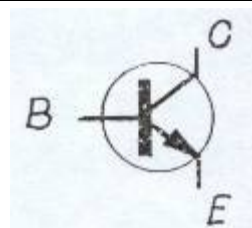
Un transistor BJT es como un diodo ampliado. Añadido una nueva zona de semiconductor al diodo PN que ya conocemos.

Por lo tanto habrá dos tipos: si añadido al diodo PN una zona N, tendré un transistor BJT del tipo NPN y si añadido una zona P, tendré un transistor tipo PNP. Nos vamos a centrar, por ahora, en el estudio del tipo más usado: el transistor bipolar NPN.

En el transistor NPN cada zona tiene su nombre. La primera es el **colector**, la segunda la **base** (zona P) y la tercera el **emisor**.



Símbolo del transistor BJT NPN



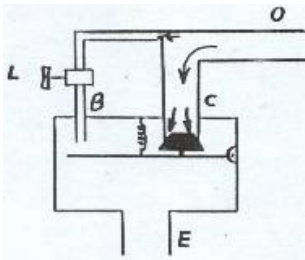
FUNCIONAMIENTO DEL TRANSISTOR

<http://www.cnice.mecd.es/recursos/bachillerato/tecnologia/manual/electro/transist.htm>

<http://electronred.iespana.es/electronred/ELTRANSISTOR%20BIPOLAR.htm>

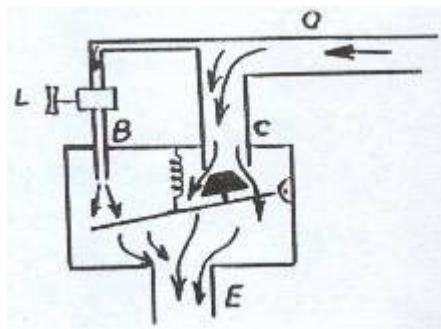
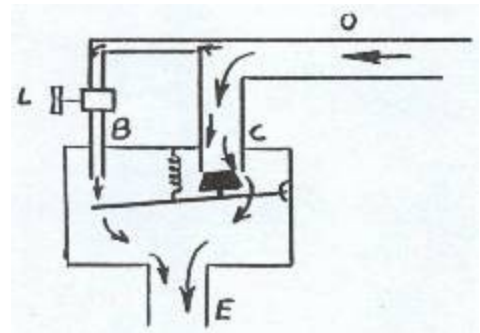
http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/2001771/cap04/04_01_01.html

Vamos a explicar el funcionamiento del transistor con una analogía, con una situación idéntica más fácil de comprender. Vamos a suponer que tengo un transistor “hidráulico”, es decir, un transistor que trabajaría con agua en vez de electricidad.



1ª Situación: En este transistor “hidráulico” tengo dos entradas de agua: una tubería pequeña (B) y una mayor (C). La pequeña se controla con una llave de paso. El agua no puede pasar ni por la tubería pequeña ni por la grande, con lo que no pasaría por la salida E.

2ª Situación: Si ahora abro la llave de paso B un poquito, pasaría algo de agua, desplazando la palanca. El tapón de la cañería C se abre un poco. La cantidad de agua que pasaría por la tubería E sería la que pasaría por la abertura de C más un poquito de agua que viene de B. **Agua de E = Agua de C + Agua de B.**



3ª Situación: Si ahora abro del todo el grifo B, la palanca se desplazaría totalmente. El tapón de C se abre del todo. El agua que sale por E sería el agua que pasa por C más una pequeña cantidad de agua que viene del grifo B.

En un transistor normal ocurre lo mismo, pero en vez de pensar en agua, pensaremos en electrones pasando, en **intensidades**.

En primer lugar, siempre ocurre lo mismo. Al igual que el agua que salía por E era la suma del agua que venía de C y del agua que venía de B, en un transistor NPN ocurre algo idéntico. La intensidad que sale por el emisor es la intensidad que viene del colector más la que viene por la base.

$$I_E = I_B + I_C$$

Por otra parte, podemos distinguir tres formas de funcionar el transistor:

1ª Situación: Corte. Se denomina así cuando por la base no circula intensidad suficiente. $I_B \approx 0 \cdot A$, entonces ocurre que $I_C \approx 0 \cdot A$ $I_E \approx 0 \cdot A$

2ª Situación: Zona Activa Directa. En este caso la intensidad que sale por el Emisor es casi igual a la que entra por el Colector. Esta zona se utiliza para amplificar señales de baja potencia.

$$I_C < I_E \quad I_C = \alpha \cdot I_E \quad \text{"}\alpha\text{" es la ganancia estática de corriente en base común.}$$

$$I_C = \beta \cdot I_B \quad \text{donde "}\beta\text{" es la ganancia del transistor.}$$

Se puede demostrar que: $\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$

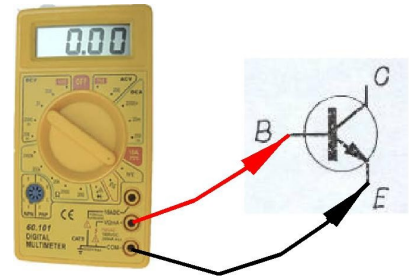
También en los transistores se puede llamar la ganancia β con el parámetro **hfe**. Este parámetro suele estar entre 50 y 300, aunque es variable con la temperatura de calentamiento del transistor.

3ª Situación: Saturación. En esta situación, por mucha intensidad que pase por la base, por el Emisor sigue pasando prácticamente lo mismo y en el Colector igual. Se expresa matemáticamente de esta forma:

$$I_C \leq \beta \cdot I_B$$

También podemos medir tensiones, voltajes en el transistor.

Si pongo, por ejemplo un voltímetro midiendo la diferencia de potencial (tensión) entre las patas de un transistor también obtengo información sobre su funcionamiento. Por ejemplo, si mido la tensión entre base y emisor (base -> terminal rojo positivo y emisor -> terminal negro negativo) obtengo V_{BE} . De la misma forma obtengo las tensiones que me harían falta:



V_{BE}		V_{CE}		V_{CB}	
Rojo	Base	Rojo	Colector	Rojo	Colector
Negro	Emisor	Negro	Emisor	Negro	Base

Estas tensiones también cumplen esta fórmula: $V_{CE} = V_{BE} + V_{CB}$

Y se cumple la siguiente tabla:

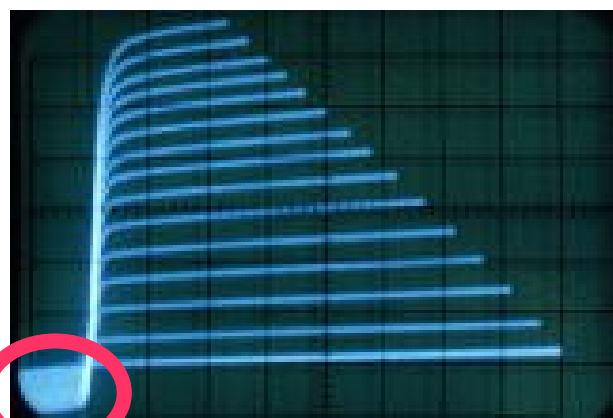
	I_C	I_B	V_{CE}	V_{BE}
Corte	0 A	0 A	La misma que entre colector y negativo de la pila. V_{CC}	$V_{BE} < 0.7 \cdot V$
Z.A. Directa (ZAD)	$I_C = \beta \cdot I_B$	$\frac{I_C}{\beta}$	$V_{CC} \geq V_{CE} \geq 0.2 \cdot V$	En torno a 0.7 Voltios. $V_{BE} \approx 0.7 \cdot V$
Saturación	$I_C \leq \beta \cdot I_B$	$I_B \geq \frac{I_C}{\beta}$	$V_{CE} \approx 0.2 \cdot V$	$V_{BE} > 0.7 \cdot V$

Gráficas de un transistor.

Para un transistor podemos definir muchas gráficas, pero la más habitual son las gráficas en las que en el eje Y tengo la intensidad del colector I_C (normalmente en amperios), y en la del eje X o de abscisas la tensión entre colector y emisor V_{CE} .

En la imagen de la derecha tenemos dichas curvas obtenidas con un trazador.

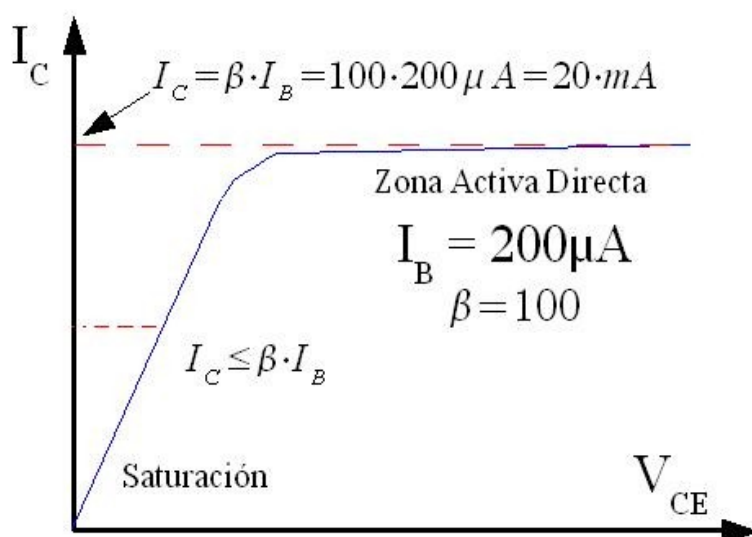
Una curiosidad: estudiamos tres regiones de funcionamiento pero existe una cuarta: Zona Activa Inversa (ZAI). →

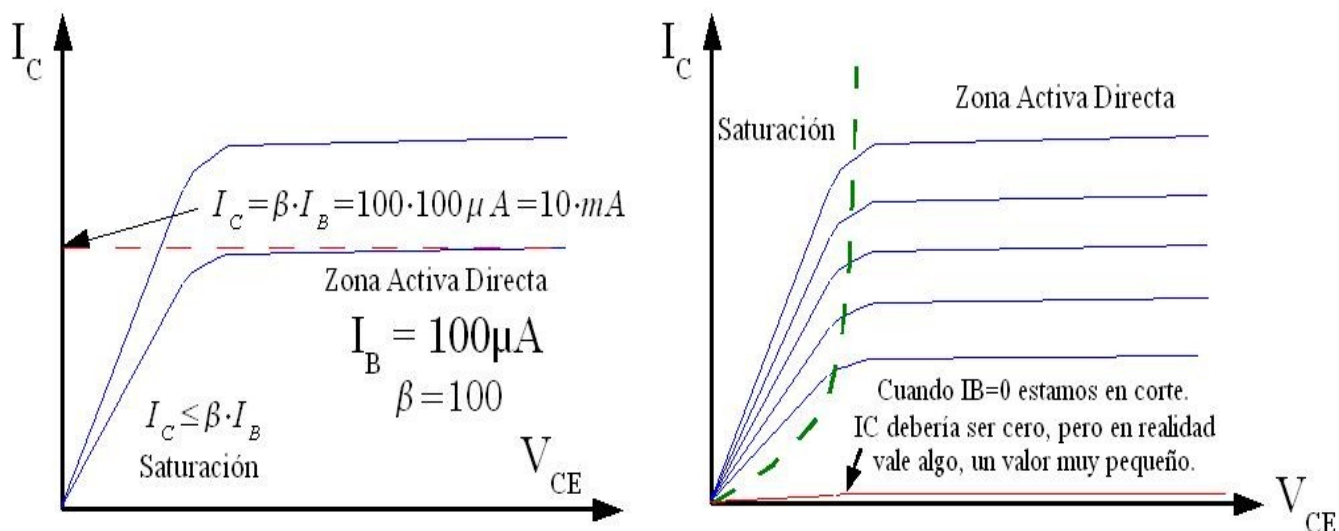


En la zona activa directa la intensidad de colector es igual a β veces la intensidad que tenga en la base.

La intensidad de colector en saturación siempre será menor que ese valor. Las dos zonas se separan por una curva aproximadamente en el valor de $V_{CE} = 0.2$ Voltios.

Debajo tenemos otro ejemplo con otra gráfica para otro valor distinto de I_B . Y otra más con la zona de corte.





Transistor PNP

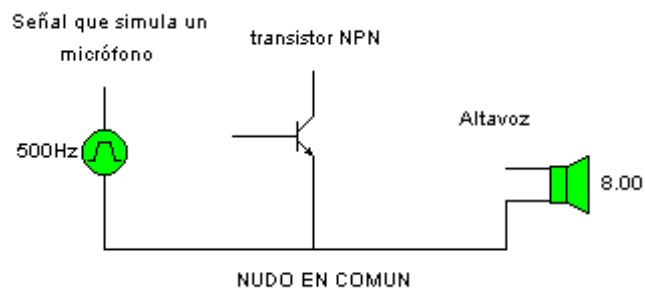
En el transistor PNP las fórmulas son análogas pero el funcionamiento es complementario.

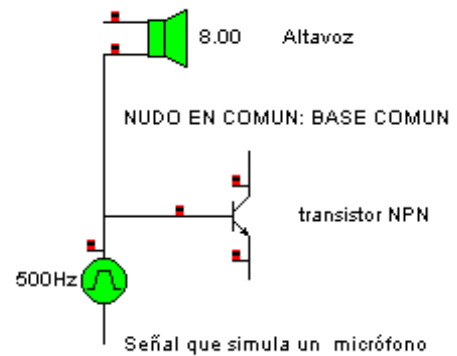
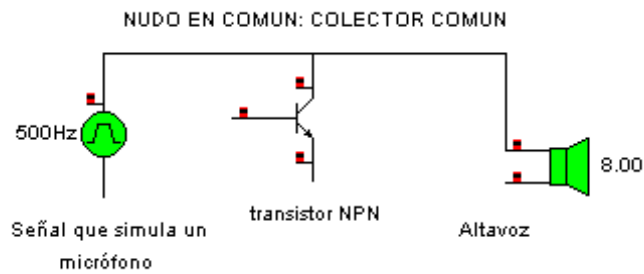
La fórmula de las intensidades es: $I_E = (I_B + I_C)$ y de las tensiones: $V_{EC} = V_{EB} + V_{BC}$. No vamos a estudiarlo en profundidad. Ahora la intensidad entra por el Emisor, y sale por la Base y el Colector.

Configuraciones Básicas del transistor

Con un circuito de transistores normalmente tendremos dos señales. Una que sirve de referencia, por ejemplo, la señal de un micrófono (entrada) y otra que es la señal amplificada o tratada (señal de salida); por ejemplo, de un altavoz. Cuando mida ambas, me dará cuenta que seguramente tienen un nudo del circuito en común.

Ese nudo, también seguramente será común con alguno de los terminales de un transistor (con el colector, el emisor o la base). Si tienen en común el nudo con el emisor la configuración se llamará **configuración en emisor común**. Igual que en la figura superior. De igual forma si tenemos el colector será una configuración en **colector común** y si la base, en **base común**.





En realidad, la teoría de las configuraciones de un transistor pasa por estudiar antes los transistores trabajando en gran señal o pequeña señal, pero el concepto básico lo tendremos con lo explicado.

Problema con transistores

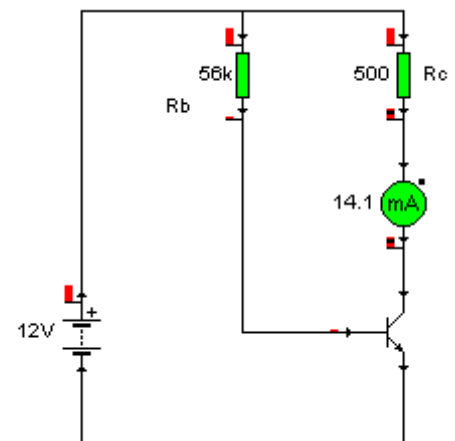
Polarizado en ZAD con una resistencia entre la base y la tensión de alimentación C.

Datos:

- Tensión de alimentación: $V_{CC}=12\cdot V$
- $R_b = 56\text{ K}\Omega$ y $R_c = 500\text{ }\Omega$.
- Ganancia: $\beta = 70$

Calcular:

- Intensidad de colector, de emisor y de base.
- V_{CE}



1. Vemos la tabla que en ZAD debe ser $V_{BE} = 0.7\text{ Voltios}$.
2. La tensión de la mitad de una malla es igual a la de la otra mitad:

- $V_{CC} = I_B \cdot R_B + V_{BE}$ y de aquí...
- $$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{12\cdot V - 0.7\cdot V}{56\cdot K\text{ }\Omega} \approx 0.2\cdot mA$$

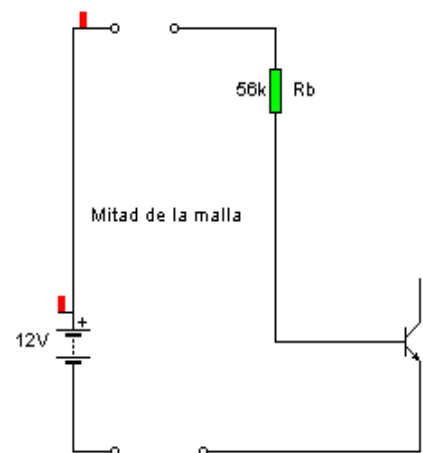
3. Calculo I_C : $I_C = \beta \cdot I_B = 70 \cdot 0.2\cdot mA = 14\cdot mA$

4. Calculo I_E :

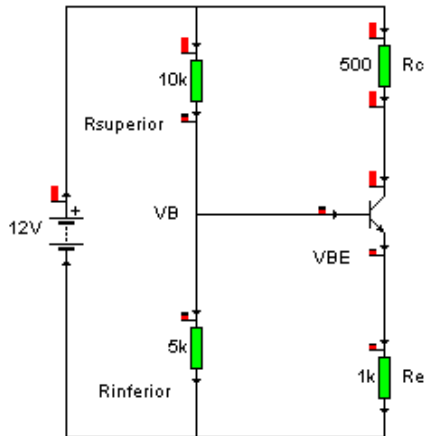
- $I_E = I_B + I_C = 0.2\cdot mA + 14\cdot mA = 14.2\cdot mA$

5. Calculo V_{CE} : $V_{CC} = I_C \cdot R_C + V_{CE}$

- $V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$
- $V_{CE} = 12\cdot V - 14\cdot mA \cdot 500\cdot \Omega = 12 - 14 \cdot 10^{-3} \cdot 500 = 5\cdot V$



Polarizado en ZAD con un divisor de tensiones.



En esta polarización, las tensiones y las intensidades se debe calcular para que $V_{BE} = 0.7$ Voltios. Se hace con las siguientes fórmulas. Primero se calcula la tensión en el punto B de forma aproximada (fórmula del divisor de tensión):

$$V_B = \frac{R_{inferior}}{R_{superior} + R_{inferior}} \cdot V_{CC}$$

$$V_B = \frac{5 \cdot K \Omega}{10 \cdot K \Omega + 5 \cdot K \Omega} \cdot 12 \cdot V = 4 \cdot V$$

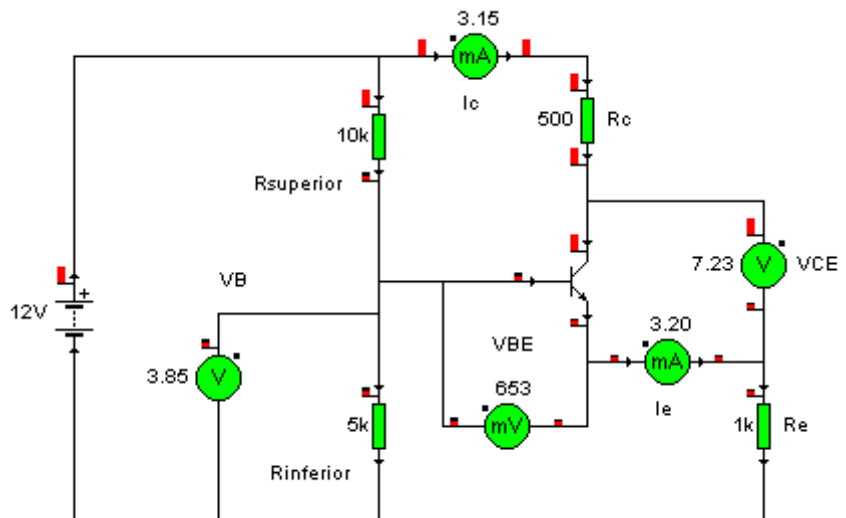
Después calculo la intensidad del emisor:

$$V_B = V_{BE} + I_E \cdot R_E \text{ y de aquí despejo } I_E = \frac{V_B - V_{BE}}{R_E} = \frac{4 \cdot V - 0.7 \cdot V}{1 \cdot K \Omega} = 3.3 \cdot mA$$

- $I_B = \frac{I_E}{\beta + 1} = \frac{3.3 \cdot mA}{70 + 1} = 0.046 \cdot mA = 46 \cdot \mu A$ suponiendo que tenga una ganancia $\beta = 70$.
- $I_C = I_E - I_B = 3.3 \cdot mA - 0.046 \cdot mA = 3.254 \cdot mA$
- $V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C - I_E \cdot R_E = 12 \cdot V - 3.254 \cdot mA \cdot 500 \cdot \Omega - 3.3 \cdot mA \cdot 1 \cdot K \Omega = 7.07 \cdot Voltios$

En el simulador eléctrico

Los números son parecidos, pero no los mismos exactamente. Esto es porque el programa considera a los transistores polarizados en zona activa directa cuando $V_{BE} \approx 0.65$ Voltios. En la práctica los resultados varían algo, pero no mucho...

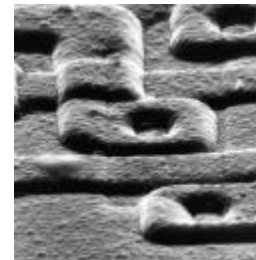
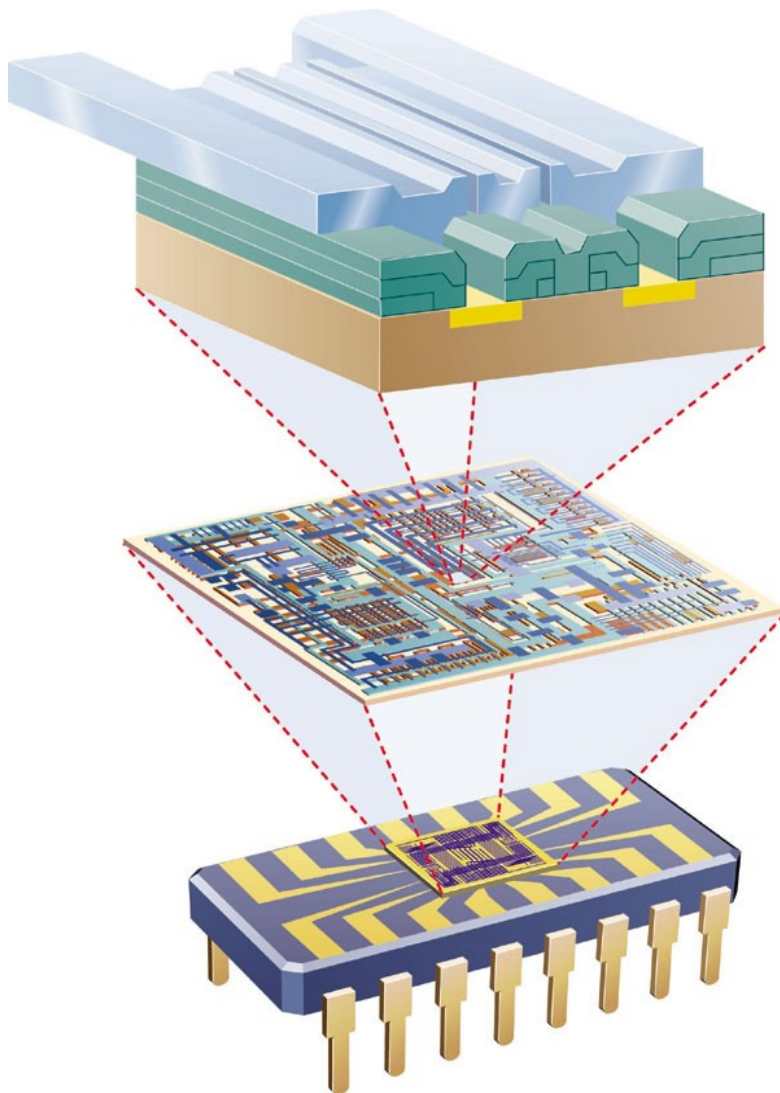


Tema 4: Circuitos Integrados: Amplificadores Operacionales y Temporizadores

Introducción

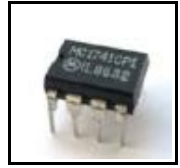
Los Circuitos Integrados (C.I.) son circuitos que tienen un uso específico, compuestos de los elementos simples estudiados: transistores, diodos, resistencias, condensadores..., fabricados en una oblea de silicio (miniaturizados), conectados los lugares importantes donde daremos señal y recogeremos los resultados con contactos eléctricos o terminales, y empaquetados o protegidos por una carcasa de plástico. También se les llama **chip** o **microchip**.

Un microchip hoy en día es un prodigio tecnológico. Los elementos del circuito son tan pequeños que se necesita un buen microscopio para verlo. En un microchip de un par de centímetros de largo por un par de centímetros de ancho pueden caber **millones de transistores** además de resistencias, condensadores, diodos, etc. Un ejemplo muy bueno sería el **microprocesador** de un ordenador.



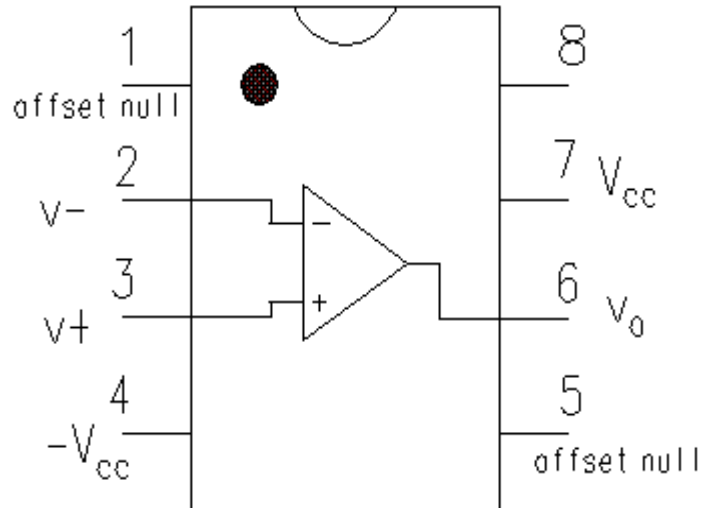
Amplificadores Operacionales ($\mu 741$)

Este circuito integrado sirve para aumentar una señal de entrada, por ejemplo, la señal de voltaje que tiene un micrófono para que salga por un altavoz, o para amplificar la señal de antena de una televisión (no el 741 sino otro modelo).



Esquema eléctrico del amplificador operacional.

El A.O. 741 es un microchip de 8 patas. Su representación es la de un triángulo. En su base hay conectadas dos entradas, V_+ y V_- que corresponden a las patas número 3 y número 2 respectivamente. La señal de salida V_o se localiza en la pata n° 6. El resto de las patas importantes son la n° 4 y la n° 7 por donde se alimenta (tensiones de alimentación que vienen de una fuente de alimentación o de una pila). La n° 4 es una tensión NEGATIVA o cero. La n° 7 es una tensión POSITIVA. Las patas 1, 5 y 8 no las vamos a estudiar. Normalmente se alimenta simétricamente. Por ejemplo, si en la pata 7 hay 12 Voltios en la 4 habrá la misma tensión pero negativa: -12 Voltios.



Funcionamiento del 741 en lazo abierto.

En lazo abierto el 741 amplifica las señales de la siguiente forma:

- V_o será la diferencia de tensiones entre las patas V_+ y V_- multiplicado por la **ganancia del amplificador** (A). Esta ganancia suele ser muy alta, de diez mil o cien mil veces.

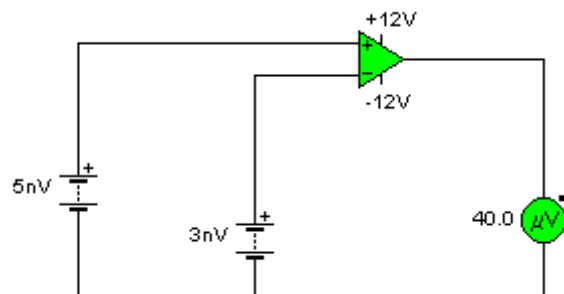
$$V_o = A \cdot (V_+ - V_-)$$

- La tensión de salida no puede ser superior a la tensión positiva de alimentación (pata 7) y no puede ser menor que la tensión negativa de alimentación (pata 4). Según el modelo es incluso menor que las tensiones de alimentación. Por ejemplo si hay en la n° 7 doce voltios y en la n° 4 hay menos doce voltios, no supera los diez voltios en valor absoluto.

$$V_o \geq -V_{cc} \quad y \quad V_o \leq V_{cc}$$

Ejemplo: En la pata 3 hay una señal de 5 nV y en la 2 una de 3 nV.

- $(V_+ - V_-) = 5 \cdot nV - 3 \cdot nV = 2 \cdot nV$
- Si $A = 20000$ veces.
- $V_o = A \cdot (V_+ - V_-) = 20000 \cdot 2 \cdot nV = 40 \cdot \mu V$

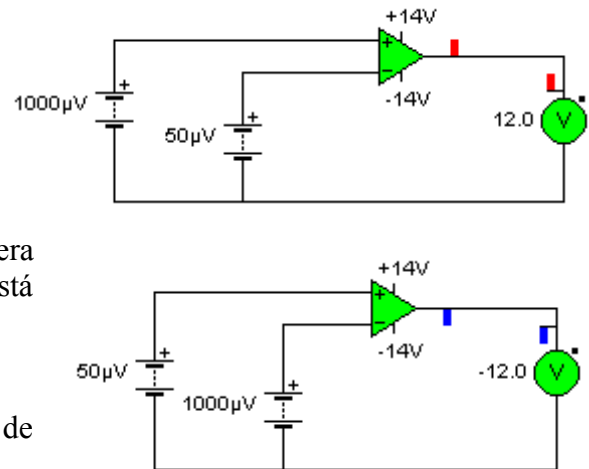


Ejemplo: En la pata 3 hay una señal de $1000\ \mu V$ y en la 2 una de $50\ \mu V$.

- $(V_+ - V_-) = 1000\ \mu V - 50\ \mu V = 950\ \mu V$
- Si $A = 20000$ veces.
- $V_o = A \cdot (V_+ - V_-) = 20000 \cdot 950\ \mu V = 19\ V$
- Sin embargo, como V_o no puede superar los catorce voltios, incluso menos, el voltímetro da un valor de 12 Voltios máximo. Como supera el máximo se dice que el amplificador 741 está **saturado**.

Si ahora le doy la vuelta a V_+ y V_- .

- Y de igual forma, si ahora la diferencia es de $-950\ \mu V$, no supera los $-12\ V$.

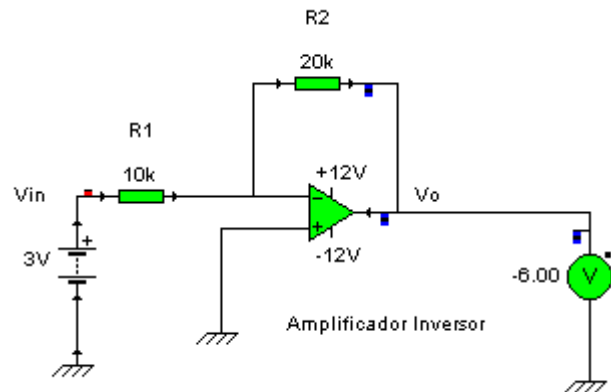


Esta limitación del 741 de amplificar señales muy bajas y no relativamente altas, lo hacen inviable para un uso normal de amplificador ya que se saturaría rápidamente. Los A.O. 741 en lazo abierto se utilizan como **comparadores**. Un comparador detecta rápidamente si la diferencia entre las patas V_+ y V_- se ha vuelto positiva y negativa, dando los valores de saturación y activando algún dispositivo.

Funcionamiento en lazo cerrado o retroalimentado como amplificador **inversor**.

En este circuito, hay que cumplir algunas condiciones (¡cuidado!: la pata V_+ está abajo y la V_- arriba).

- V_+ debe estar conectado a tierra. Cuando conecto algo a tierra estoy seguro que está a **cero voltios**.
- Así construido me aseguro que V_- también está a cero voltios. Se llama a este efecto **principio de tierra virtual**, que no voy a explicar. Con conocer que es así es suficiente.
- La pata V_- está conectada a la señal de entrada (V_{input} o V_{in}) a través de una resistencia que he llamado R_1 y conectada a la señal de salida a través de otra resistencia que he llamado R_2 . Cuando V_- está conectada a través de “algo” (resistencias, condensadores, etc.) a la señal de entrada y a la señal de salida se dice que está **retroalimentada**.
- En retroalimentación la ganancia cambia. Ahora no es unas miles de veces, sino que tiene la fórmula: $A = \frac{-R_2}{R_1}$ En nuestro ejemplo sería: $A = \frac{-R_2}{R_1} = \frac{-20\ K\ \Omega}{10\ K\ \Omega} = -2$
- Y para calcular la salida se aplica la fórmula: $V_o = A \cdot V_{in} = -2 \cdot 3\ V = -6\ V$

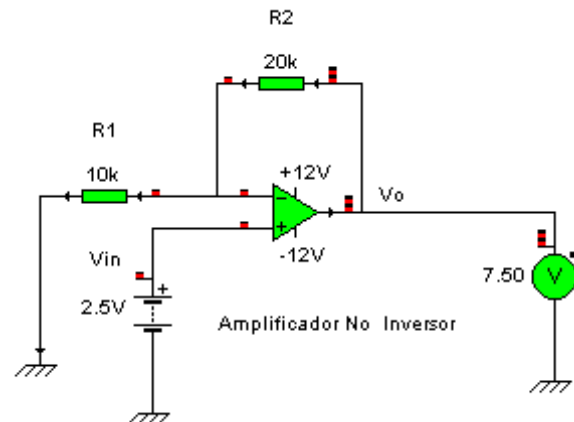


- La fórmula para calcular V_o de otra manera sería: $V_o = \frac{-R_2}{R_1} \cdot V_{in}$
- Existe también saturación (siempre). Si por ejemplo la $V_{in} = 15\text{ V}$, entonces sería: $V_o = A \cdot V_{in} = -2 \cdot 15 \cdot V = -30 \cdot V$ pero como no puede pasar de -12 V , la salida no pasaría de este valor de -12 V nunca.

Funcionamiento en lazo cerrado o retroalimentado como amplificador no inversor.

En este caso el circuito es el de la figura:

- La fórmula sería: $V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V_{in}$
- la ganancia sería: $A = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$
- En el ejemplo: $V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V_{in}$
 $\left(1 + \frac{20 \cdot K\Omega}{10 \cdot K\Omega}\right) \cdot 2.5\text{ V} = (1 + 2) \cdot 2.5\text{ V} = 7.5 \cdot V$

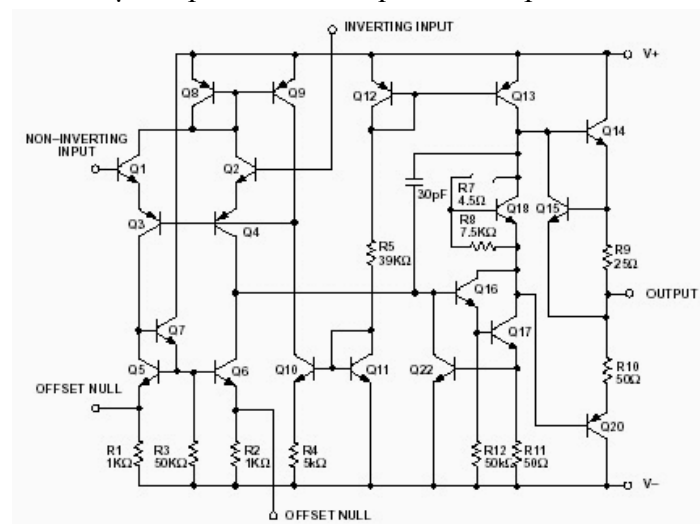


- Igualmente funciona aquí lo de la **saturación**.

Otras características:

- El $\mu 741$ tiene una alta resistencia de entrada (mayor de $1\text{ M}\Omega$).
- Tiene una baja resistencia de salida (150Ω). Lo cual implica que la salida se puede conectar prácticamente a cualquier esquema sin modificación.

El Amplificador Operacional $\mu 741$ por dentro: Esquema Completo.



Temporizador NE555

El temporizador NE555 es otro circuito integrado de 8 patas. Genera señales temporales con mucha estabilidad y precisión, lo cual lo convierte en el circuito base de muchas aplicaciones que necesite un control del tiempo: temporizadores, generadores de señales, relojes, retardadores, etc. En general, con él seremos capaces de que en la salida un tiempo determinado esté alta (A la tensión de alimentación) y otro tiempo esté baja (a 0 voltios), y ambos tiempos los podamos controlar muy bien con este microchip.

La descripción de los pines de un 555 se refiere al de encapsulado DIP-8. El encapsulado es la cubierta de plástico con los contactos, y DIP 8 significa que tiene cuatro patas a un lado y cuatro a otro.

PATILLA 1.- Masa (GND). En ella se conecta el polo negativo de la fuente de alimentación. Es el terminal a 0 voltios.

PATILLA 2.- Entrada de disparo (Trigger). Es la entrada del circuito. Por ella se introducen las señales para dispararlo o ponerlo en marcha.

PATILLA 3.- Salida (Output). Cuando está activada proporciona una tensión aproximadamente igual a la de alimentación.

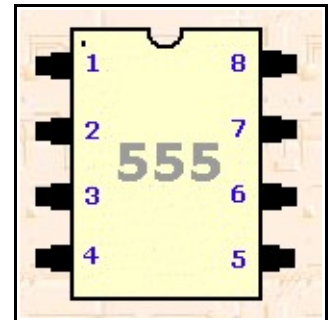
PATILLA 4.- Reset. Permite la interrupción del ciclo de trabajo. Cuando no se usa se conecta al positivo de la alimentación.

PATILLA 5.- Tensión de Control (Control Voltage). Esta tensión debe ser $1/3$ de la de alimentación. Cuando no se usa, se debe conectar un condensador entre 10nF y 100nF entre éste y tierra.

PATILLA 6.- Umbral (Threshold). Esta tensión debe ser $2/3$ de la de alimentación. Permite finalizar el ciclo de trabajo.

PATILLA 7.- Descarga (Discharge). En este pin se conecta el condensador exterior que fija la duración de la temporización.

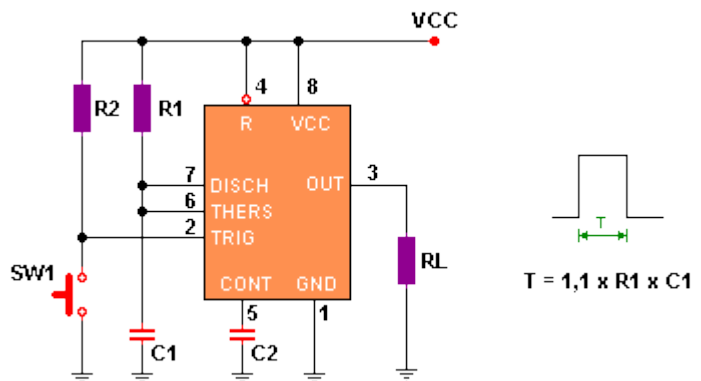
PATILLA 8.- Alimentación ($V+$ o V_{cc}). Conexión de la alimentación de 4,5 a 16v, respecto de masa.



Funcionamiento del NE555 como retardador de la desconexión (monoestable).

Al accionar el pulsador SW1, se aplica una pequeña tensión de disparo a TRIGGER. Esto provoca que la salida (Patilla 3) pase a tener la tensión de alimentación V_{cc} . En un principio la patilla TRIGGER estaba cargada a V_{cc} , y baja a un valor menor de $1/3$ de V_{cc} .

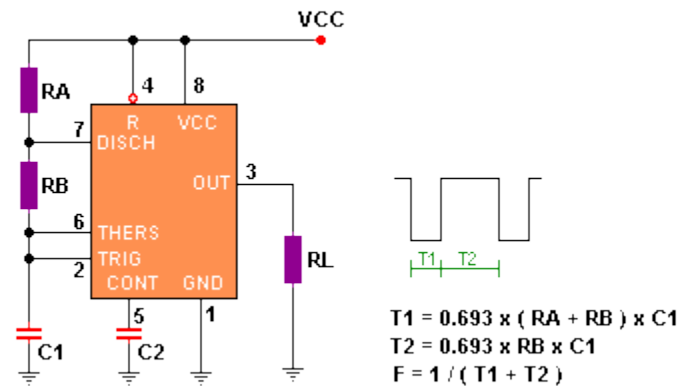
Cuando eso sucede, se empieza a cargar el condensador C_1 a través de la resistencia R_1 . Cuando la tensión en este condensador alcanza los $2/3$ de la tensión de V_{cc} se activa la patilla 7 de descarga (DISCHARGE). En ese momento la salida vuelve a ser 0 Voltios. ¿Qué tiempo tarda entre una cosa y otra? Viene calculado por la fórmula: $T = 1,1 \cdot R_1 \cdot C_1$; otras condiciones: R_2 debe estar entre $1\text{K}\Omega$ y $3,3\text{M}\Omega$ y el valor mínimo de C_1 es de 500pf .



¿Qué significa RL? Significa “resistencia de carga”. Es una resistencia que sustituye a cualquier dispositivo que produzca algún efecto: un relé, una bombilla, un motor, etc.

Funcionamiento del NE555 como astable (automático).

Cuando se conecta la alimentación, el condensador está descargando y la salida del 555 pasa a nivel alto hasta que el condensador C_1 , que se va cargando, alcanza los $2/3$ de la tensión de alimentación. Cuando lo alcanza la salida del 555 conmuta a cero y el condensador C_1 comienza a descargarse a través de la resistencia R_B . Cuando la tensión en el condensador C_1 llega a $1/3$ de la alimentación, comienza de nuevo a cargarse, y así sucesivamente mientras se mantenga la alimentación.

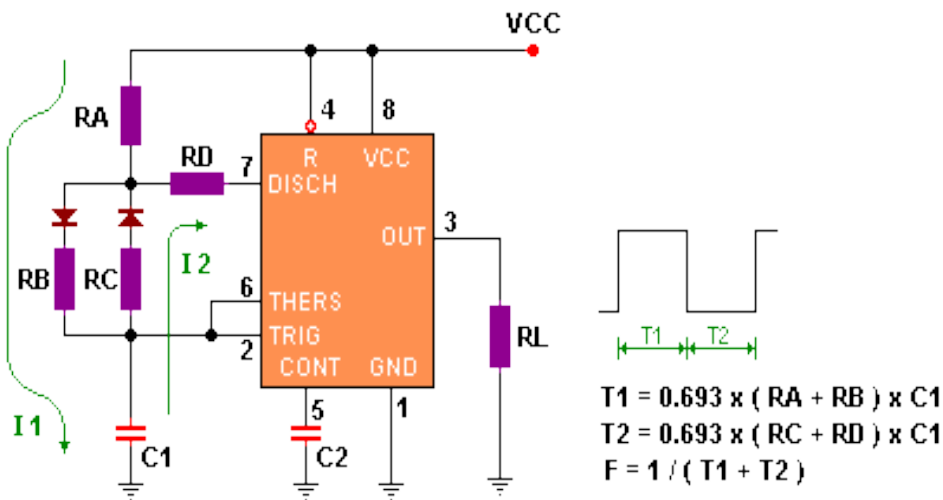


R_A toma valores entre $1K\Omega$ y $10M\Omega$, y R_B siempre tiene que ser menor que R_A .

Otros ejemplos:

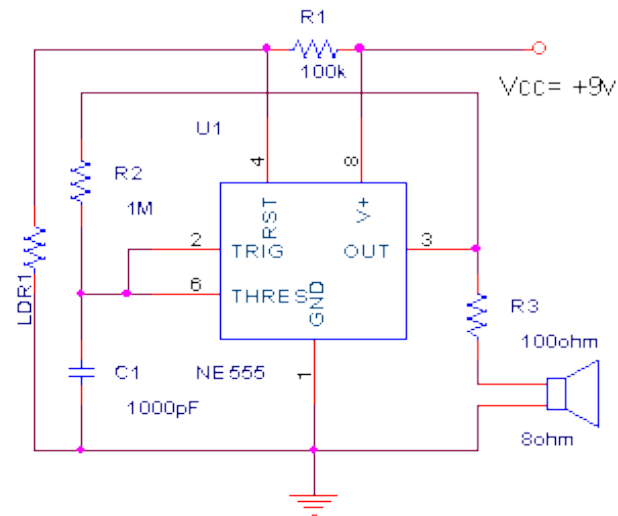
Funcionamiento del NE555 como astable simétrico (automático).

Parecido al anterior, pero la señal de salida puede ser simétrica, es decir que el tiempo en que la señal está a nivel alto es el mismo tiempo en el que la señal está baja.

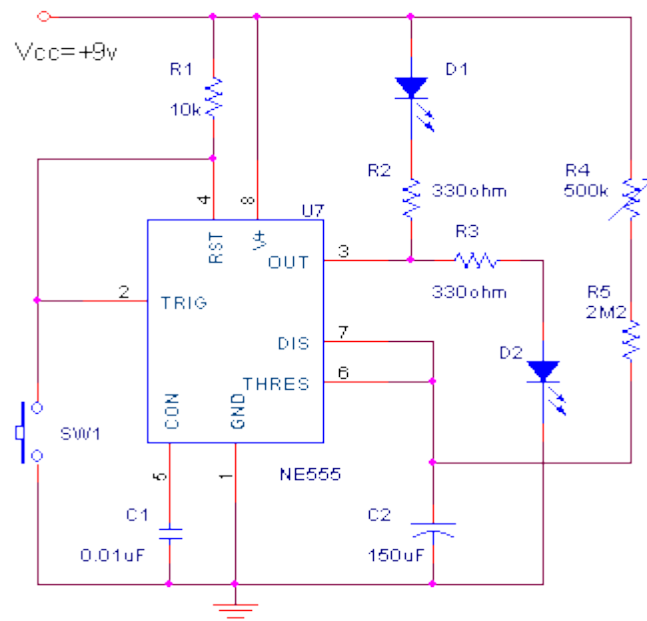


Ejemplos de circuitos:

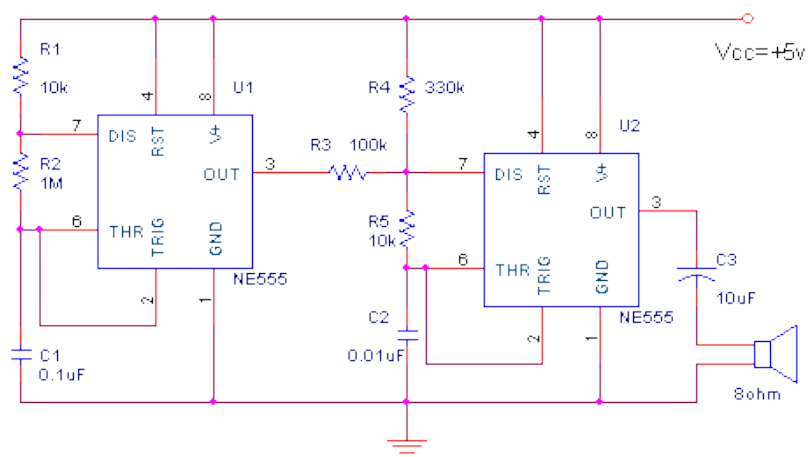
Detector de oscuridad



Temporizador ajustable hasta diez minutos



Sirena Bitonal



Tema 5. Introducción a la electrónica digital. Puertas lógicas.

Números decimales y números binarios: Matemáticas Binarias.

1.1. SISTEMA DECIMAL

Su origen lo encontramos en la India y fue introducido en España por los árabes. **Su base es 10.** Emplea 10 caracteres o dígitos diferentes para indicar una determinada cantidad: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. El valor de cada símbolo depende de su posición dentro de la cantidad a la que pertenece. Por ejemplo...:

$$145 = 1 \cdot 10^2 + 4 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0 \quad \text{Lo que siempre estudiamos como centena, decena, unidades...}$$

1.2. SISTEMA BINARIO

Es el sistema digital por excelencia, aunque no el único, debido a su sencillez. Su base es 2. Emplea 2 caracteres: 0 y 1. Estos valores reciben el nombre de **bits** (dígitos binarios). Así, podemos decir que la cantidad 10011 está formada por 5 bits. Veamos con un ejemplo como se representa este número teniendo en cuenta que el resultado de la expresión polinómica dará su equivalente en el sistema decimal:

$$11001_2 = 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 2^4 + 2^3 + 1 = 25_{10}$$

Posición	4	3	2	1	0
Nº Binario	1	1	0	0	1
Potencia de 2	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
Factor	16	8	4	2	1
Factor x Nº Binario	16	8	0	0	1
Se suman estas multiplicaciones...					16+8+1=25

Aquí hemos visto como se pasa de un número binario a su equivalente decimal. ¿Cómo se hace al contrario? Por ejemplo pasaremos el número 107 a binario.

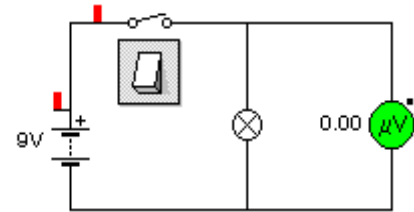
Se va dividiendo entre dos los cocientes que nos van dando hasta no poder dividir más. El número binario son los restos más el último cociente.

$$107 = 1101011$$

Nº Decimal	Base	Cociente	Resto
107	2	53	1
53	2	26	1
26	2	13	0
13	2	6	1
6	2	3	0
3	2	1	1

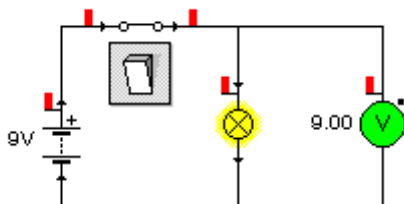
Significado de los números binarios en electrónica.

Imaginemos una bombilla conectada a una pila con un interruptor. Este sencillo circuito es, aunque no lo parezca, **digital**. Si el interruptor está abierto, no pasa la corriente, la lámpara está apagada y el voltímetro que mide la tensión en la lámpara mide 0 voltios.



En electrónica digital, cuando no tenemos tensión (o lo que es lo mismo, cuando tengo cero voltios) decimos que la lámpara está en **OFF** o que tenemos un **bit "0"**.

Imaginemos también que la lámpara fuese el indicador luminoso de encendido de un ordenador. La lámpara me indicaría el siguiente mensaje: "El ordenador está apagado". Esto es importante porque veremos que varios bits pueden darnos informaciones precisas de tipo lógico.

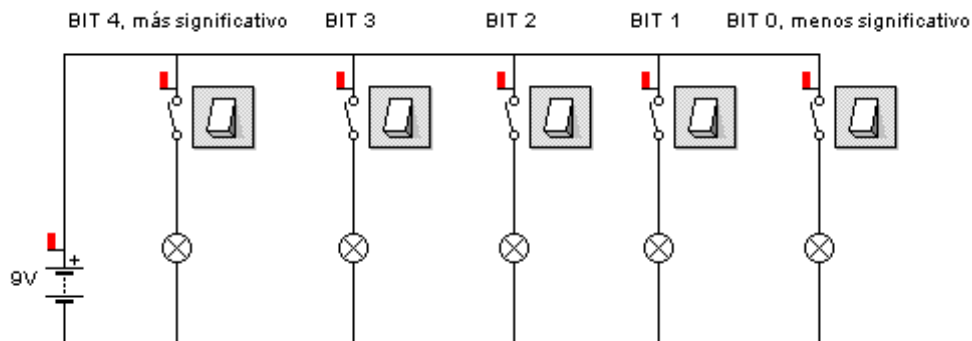


Si ahora tenemos el interruptor cerrado, la lámpara se enciende, el voltímetro indica 9 V, la corriente está pasando por la bombilla. En electrónica digital diremos que la lámpara está en **ON** o que tenemos un **bit "1"**.

Su mensaje podría ser: "El ordenador está encendido".

Pero esto es muy sencillo. Imaginemos que quiero mandar un mensaje de un barco a otro barco con luces. Aunque hay sistemas inventados para ello (morse, banderas, etc.) vamos a inventarnos uno. Primero, a cada letra del abecedario le asigno un número: la A es un 1, la B un 2, la C un 3... y así. Ese código lo saben las personas que van en ambos barcos.

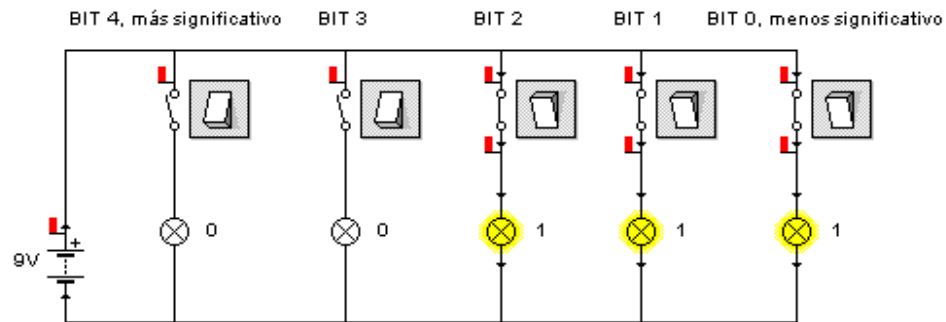
Y ahora hago un circuito como éste con luces. Tiene 5 lámparas así que puede representar a $2^5 = 32$ números distintos, del número 0, al número 31. Imaginaré que el cero es un espacio:



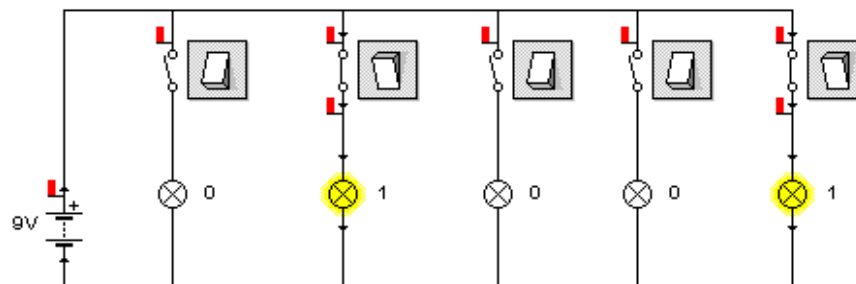
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ESPACIO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	.	:	,	()

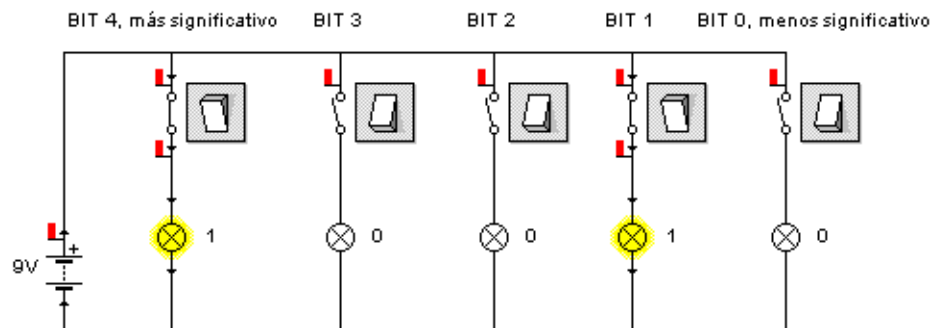
Vamos a decir: “GIRA EL BARCO”. Si lo traducimos a números sería: 7 , 9, 18, 1, 0, 5, 12, 0, 2, 1, 18, 3, 15. ¿Cómo lo haría con luces? Si paso los números a binario tengo:
 7: 00111 , 9: 01001, 18: 10010, 1: 00001... etc.



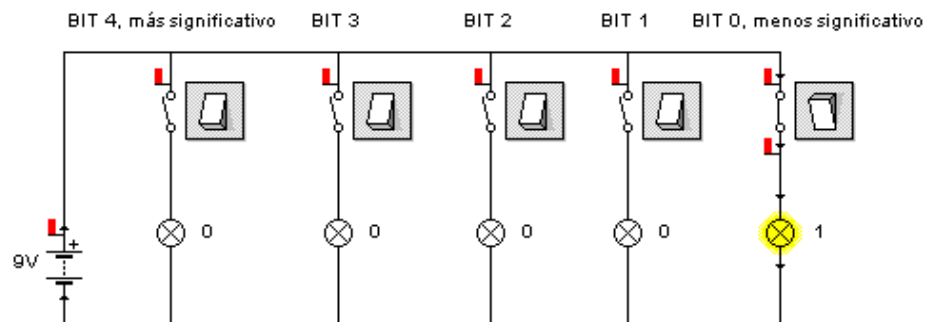
Letra G



Letra I



Letra R



Letra A

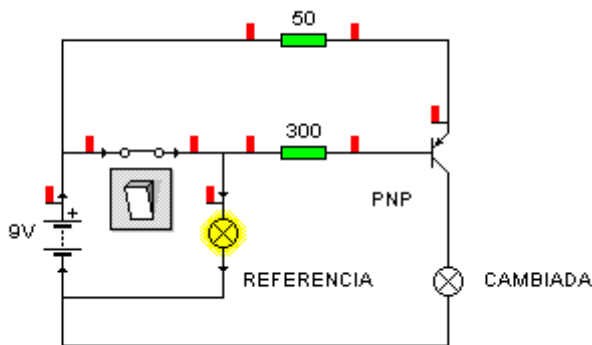
Por lo tanto, podemos observar que con simples circuitos digitales (digital significaría “que representan números”) podemos representar $S = \bar{A}$ informaciones numéricas y, las informaciones numéricas las podemos transformar en otro tipo de informaciones, como un texto. Además, como veremos ahora, podemos hacer operaciones matemáticas con esta información numérica.

Operando con circuitos lógicos.

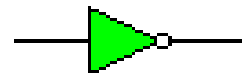
Las operaciones matemáticas habituales (suma, resta, multiplicación, división...), en el mundo de las matemáticas binarias, son operaciones “complicadas”. Existen operaciones más sencillas llamadas **operaciones lógicas**. Las operaciones lógicas pueden hacerlas algunos circuitos construidos con transistores. Este tipo de circuitos se llaman **puertas lógicas**. Las operaciones como la suma o la multiplicación se realizará con combinaciones de puertas lógicas.

La puerta lógica NOT (negación).

Lo que hace es que convierte el valor de un bit a su contrario. Es decir, si es un 0 lo convierte a un 1. Si es un 1 a un cero. En el circuito del ejemplo, si la bombilla de referencia es “0” (apagada) la bombilla cambiada es “1” (encendida). Si le doy al interruptor y enciendo la de referencia “1”, la cambiada es “0”.



¿Qué hace el circuito? Pues cambia el valor de un bit. En electrónica hay un símbolo especial, parecido al diodo. Un triángulo con un circulito en el vértice.



¿Cómo se representa más fácilmente un circuito como éste? Pues tan simple como lo siguiente:

Entrada “1” - Salida “0”	Entrada “0” - Salida “1”	No hacen falta bombillas

El resumen de cómo funciona el circuito, en forma de tabla se denomina “tabla de la verdad”. La tabla de la verdad del circuito NOT es la siguiente:

Entrada (referencia)	Salida (cambiada)
0	1
1	0

La salida de una puerta NOT, \bar{A} , se dice que es la **complementaria de la entrada A**.

Puerta lógica AND (multiplicación lógica).

Esta puerta lógica compara dos entradas. Si las dos entradas están a **nivel alto (bit "1")** entonces la salida se pone a nivel alto, y si no, está a **nivel bajo (bit "0")**.

La tabla de la verdad es la que ponemos aquí abajo. Fijarse en que cualquier entrada a nivel bajo o bit "0", hace que la salida se ponga a nivel bajo o bit "0". Para que la salida sea a nivel alto o bit "1" las dos entradas deben estar a nivel alto o bit "1". Se representa la operación por un punto.

$$S = A \cdot B$$

Entrada A	Entrada B	Salida
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Puerta lógica OR (suma lógica).

También compara dos entradas. Si **cualquiera de las dos entradas** está a **nivel alto** la salida se pondrá a **nivel alto**.

Entrada A	Entrada B	Salida
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

En este caso, cualquier entrada a nivel alto o bit "1" hará que la salida esté a nivel alto o bit "1".

$$S = A + B$$

Puerta lógica XOR (Exclusiva OR).

En este caso se comparan dos entradas también. Si las entradas son distintas, la salida está a nivel alto o bit "1", pero si las dos entradas son iguales, la salida está a nivel bajo.

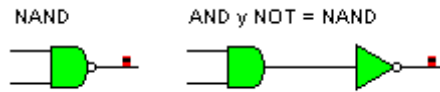


$$S = A \oplus B = (A \cdot \bar{B}) + (\bar{A} \cdot B)$$

Entrada A	Entrada B	Salida
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Puertas lógica NAND (Negative AND).

Esta puerta es la combinación de una puerta AND y una puerta NOT.

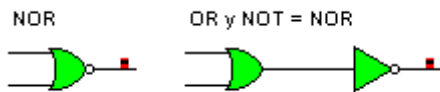


$$S = \overline{A \cdot B} = (\overline{A}) + (\overline{B})$$

Entrada A	Entrada B	Salida
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Puertas lógica NOR (Negative OR).

Esta puerta es la combinación de una puerta OR y una puerta NOT.



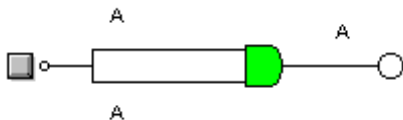
$$S = \overline{A + B} = (\overline{A}) \cdot (\overline{B})$$

Entrada A	Entrada B	Salida
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Algunos resultados interesantes...:

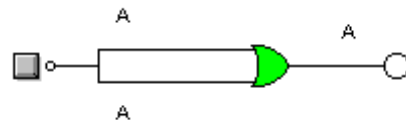
Aplicar la puerta AND sobre la misma entrada:

$$S = A \cdot A = A$$

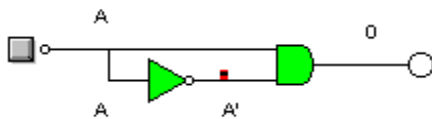


Aplicar la puerta OR sobre la misma entrada:

$$S = A + A = A$$

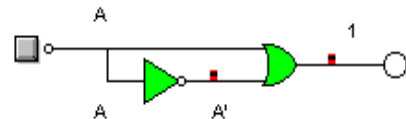


Aplicar la puerta AND sobre su entrada y la complementaria: $S = A \cdot \overline{A} = 0$



$$S = A \cdot 0 = 0$$

Aplicar la puerta OR sobre su entrada y la complementaria: $S = A + \overline{A} = 1$



$$S = A + 0 = A$$

$$S = A \cdot 1 = A$$

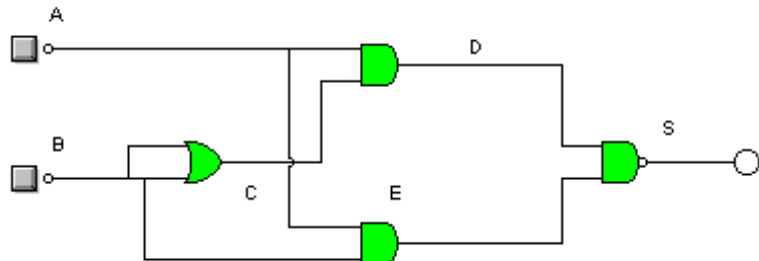
$$S = A + 1 = 1$$

Análisis de circuitos lógicos combinacionales.

Las puertas lógicas pueden combinarse para construir circuitos con una tabla de la verdad específica. Por ejemplo, vamos a analizar los siguientes circuitos:

Circuito con puertas OR, AND y NAND

Este circuito tiene dos entradas (A y B) y una salida (S). Además tiene tres salidas parciales C, D y E. ¿Cómo se calcula la tabla de la verdad?



Primero, voy calculando las salidas parciales..:

- $C = B + B = B$
- $D = A \cdot C = A \cdot B$
- $E = A \cdot B$

Y ahora calculo la salida total:

$$\bullet \quad S = (\overline{D \cdot E}) = \overline{D} + \overline{E} = \overline{B} + (\overline{A \cdot B}) = \overline{B} + \overline{A} + \overline{B} = (\overline{B} + \overline{B}) + \overline{A} = \overline{B} + \overline{A}$$

Y ahora voy dando valores:

- A=0 y B=0 entonces $S = \overline{B} + \overline{A} = \overline{0} + \overline{0} = 1 + 1 = 1$
- A=1 y B=0 entonces $S = \overline{B} + \overline{A} = \overline{0} + \overline{1} = 1 + 0 = 1$
- A=0 y B=1 entonces $S = \overline{B} + \overline{A} = \overline{1} + \overline{0} = 0 + 1 = 1$
- A=1 y B=1 entonces $S = \overline{B} + \overline{A} = \overline{1} + \overline{1} = 0 + 0 = 0$

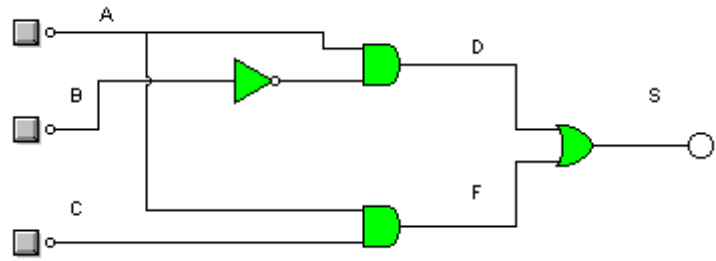
La tabla de la verdad sería...:

Entrada A	Entrada B	Salida
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Circuito con tres entradas y una salida

Cuando tenemos un circuito con dos entradas tengo cuatro posibles combinaciones ($2^2=4$). Ahora que tenemos tres entradas, A, B y C, tendremos ocho combinaciones ($2^3=8$)

Igual que antes debemos primero calcular las salidas parciales del circuito:



- $D = A \cdot \bar{B}$ y $F = A \cdot C$

Y ahora la salida final...

- $S = D + F = A \cdot \bar{B} + A \cdot C$

Y voy dando valores:

- A=0 ,B=0 y C=0 entonces $S = A \cdot \bar{B} + A \cdot C = 0 \cdot \bar{0} + 0 \cdot 0 = 0 \cdot 1 + 0 \cdot 0 = 0 + 0 = 0$
- A=0 ,B=0 y C=1 entonces $S = A \cdot \bar{B} + A \cdot C = 0 \cdot \bar{0} + 0 \cdot 1 = 0 \cdot 1 + 0 \cdot 1 = 0 + 0 = 0$
- A=0 ,B=1 y C=0 entonces $S = A \cdot \bar{B} + A \cdot C = 0 \cdot \bar{1} + 0 \cdot 0 = 0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 = 0 + 0 = 0$
- A=0 ,B=1 y C=1 entonces $S = A \cdot \bar{B} + A \cdot C = 0 \cdot \bar{1} + 0 \cdot 1 = 0 \cdot 0 + 0 \cdot 1 = 0 + 0 = 0$
- A=1 ,B=0 y C=0 entonces $S = A \cdot \bar{B} + A \cdot C = 1 \cdot \bar{0} + 1 \cdot 0 = 1 \cdot 1 + 1 \cdot 0 = 1 + 0 = 1$
- A=1 ,B=0 y C=1 entonces $S = A \cdot \bar{B} + A \cdot C = 1 \cdot \bar{0} + 1 \cdot 1 = 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 = 1 + 1 = 1$
- A=1 ,B=1 y C=0 entonces $S = A \cdot \bar{B} + A \cdot C = 1 \cdot \bar{1} + 1 \cdot 0 = 1 \cdot 0 + 1 \cdot 0 = 0 + 0 = 0$
- A=1 ,B=1 y C=1 entonces $S = A \cdot \bar{B} + A \cdot C = 1 \cdot \bar{1} + 1 \cdot 1 = 1 \cdot 0 + 1 \cdot 1 = 0 + 1 = 1$

Y la tabla de la verdad sería...:

A	B	C	S
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

Familias de puertas lógicas.

Las puertas lógicas son circuitos que se construyen con transistores. Hay varias familias de puertas lógicas, cada una con unas características determinadas que pueden construirse con varios tipos de transistores.

Pero casi siempre utilizaremos dos familias. La familia 74?? TTL (Transistor-Transistor-Logic) y la familia 40?? CMOS (Complementario-MOS).

Familia TTL

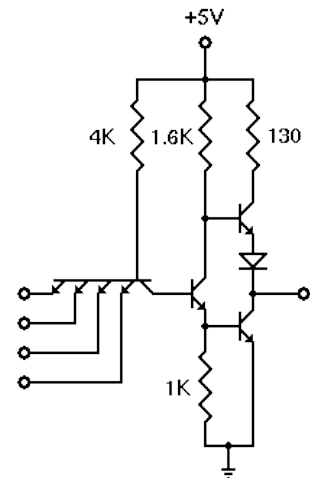
Esta familia utiliza el transistor BJT NPN como base para sus circuitos. Su tensión de alimentación característica se halla comprendida entre los 4'75V y los 5'25V (como se ve un rango muy estrecho. Lo habitual es conectarla a 5 Voltios justos) ; debido a esto, los niveles lógicos vienen definidos por el rango de tensión comprendida entre 0'2V y 0'8V para el nivel bajo (**bit "0"**) y la tensión de alimentación para el nivel alto (**bit "1"**). Si la salida de una puerta lógica TTL diese un valor de 1,2 Voltios, por ejemplo, entonces el circuito está funcionando mal o no está bien conectado.

La puerta lógica básica es la puerta NAND. Con combinaciones de la puerta lógica NAND se obtienen el resto de puertas lógicas de la familia: OR, AND, NOT, XOR...

En la figura aparece el esquema electrónico de la puerta NAND. Tiene 5 transistores NPN y un diodo. El primer transistor tiene 4 contactos en el emisor (transistor **multiemisor**). Luego es una puerta NAND de 4 entradas. Si sólo tuviese dos sería la que hemos estudiado antes, la NAND de dos entradas.

La familia TTL tiene subfamilias (L, LS, H, etc.)

La familia TTL también es la familia "74", ya que todas las puertas lógicas tienen un código de numeración que empieza por 74. Por ejemplo, la puerta NAND de dos entradas es la 7400.

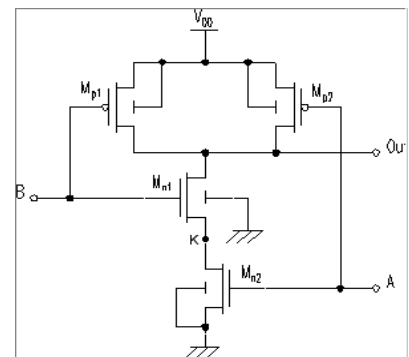


Familia MOS

En esta se utiliza el transistor MOS complementario como base para los circuitos. La tensión de alimentación puede variar entre los 3 y los 15 Voltios. El nivel bajo (**bit "0"**) es un valor cercano a los cero voltios mientras que el valor alto (**bit "1"**) está entre el valor de alimentación y su 70%.

Por ejemplo, Si lo alimento a 8 Voltios, el nivel bajo sería más o menos 0 V - 0.5 V y el nivel alto estaría entre 5,6 V y 8 V.

La familia CMOS tienen de referencia "40" y "140". La puerta 4011 son puertas NAND CMOS.



Microchips comerciales...:

Están en inglés pero aquí se encuentra TODO.

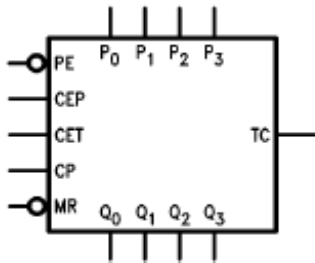
<http://www.datasheetcatalog.com/>

<http://www.datasheetcatalog.com/function/Logic/Gates/> (mejor ésto para encontrar en general)

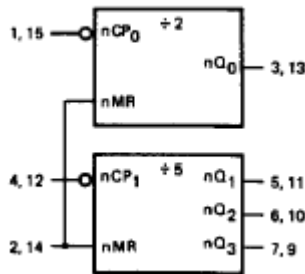
<p>7400 4 puertas NAND</p>	<p>7404 6 puertas NOT</p>
<p>7408 4 puertas AND</p>	<p>7432 4 puertas OR</p>
<p>4011 CMOS 4 puertas NAND</p>	<p>4001 CMOS 4 puertas NOR</p>

Más circuitos lógicos...:

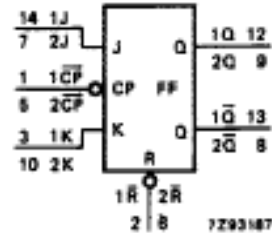
Existen más circuitos lógicos: las puertas lógicas, si están realimentadas, forman circuitos secuenciales (flip-flops) y con éstos a su vez pueden construirse circuitos tales como: contadores, codificadores-decodificadores, latches, memorias y microprocesadores. Y con estos circuitos podemos hacer desde relojes hasta ordenadores.



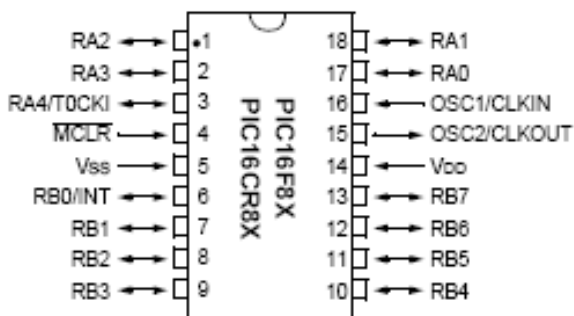
Contador binario síncrono 74163



Contador BCD 74HC390 dual



Flip Flop JK 7473



Microcontrolador PIC16F84. Pequeño ordenador

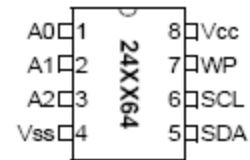


Ilustración 1:
Memoria EEPROM
programable 24LC64

Tema 6. Modulación y demodulación de señales.

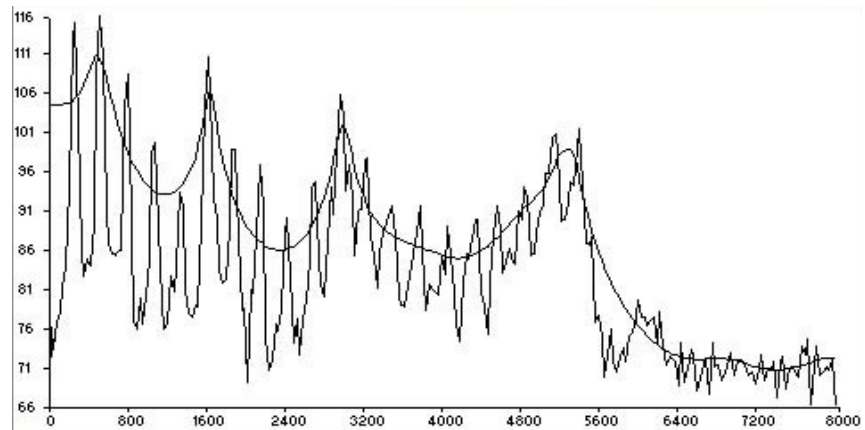
Introducción: Señales y espectros.

En el tema sobre señal eléctrica, cuando estudiamos los fundamentos de electricidad, vimos que en estas señales la tensión variaba con el tiempo. Definimos los conceptos de Amplitud, Período y Frecuencia. Los repasamos en un momento...:

- La **amplitud** A , el valor máximo (positivo) alcanzado de tensión en los bornes. Se mide en Voltios (V)
- El **período** T , el tiempo que tarda la fuente en alcanzar un nuevo máximo de tensión. Se suele expresar en segundos o en múltiplos o submúltiplos.
- La **frecuencia** se obtiene a partir del período con la fórmula: $f = 1/T$. Si el período T se expresa en segundos, la frecuencia f se expresa en **Hertzios** (ciclos por segundo) – **Hz**.

En la vida diaria encontramos muchas señales que cambian en el tiempo. Por ejemplo, nuestra voz es una señal cambiante, y, recogida por un micrófono, se convierte en una señal eléctrica. Pero no es una señal eléctrica pura, sino que es la mezcla de varias señales, cada una proviene de una cuerda vocal, cada una con una frecuencia determinada. Si además, cada cuerda en un momento determinado puede vibrar a una frecuencia distinta (como las cuerdas de una guitarra) y nuestra boca puede hacer resonar de distinta forma cada sonido nos encontramos con una señal eléctrica... ¡verdaderamente complicada!. La representación de esta señal se denomina **espectro**.

Por ejemplo, esta imagen de la derecha nos muestra un ejemplo de espectro de sonido que podemos escuchar. En el eje X representamos la frecuencia y en el eje Y, el Voltaje recogido por un micrófono. Según lo que oigamos, cada frecuencia tendrá una mayor amplitud en voltaje o no. Un espectro siempre tendrá en el eje X representada la **frecuencia** y la señal en sí, tendrá representado el **tiempo**.



Hay más señales de distintas frecuencias, por ejemplo, los colores que son mezcla de colores puros, las señales de radio y televisión, etc. Estas señales son de distinta naturaleza pero pueden convertirse en señales eléctricas. Sin embargo, hablamos de la voz humana porque es un buen ejemplo y el más sencillo de tratar.

La señal de la voz humana, aunque depende de la persona, suele tener un mínimo de frecuencias entre los 82 Hz y un máximo de los 1KHz (1000 Hz): <http://www.ehu.es/acustica/espanol/musica/vohues/vohues.html>. Y podemos escuchar más o menos entre los 50Hz y los 10KHz.

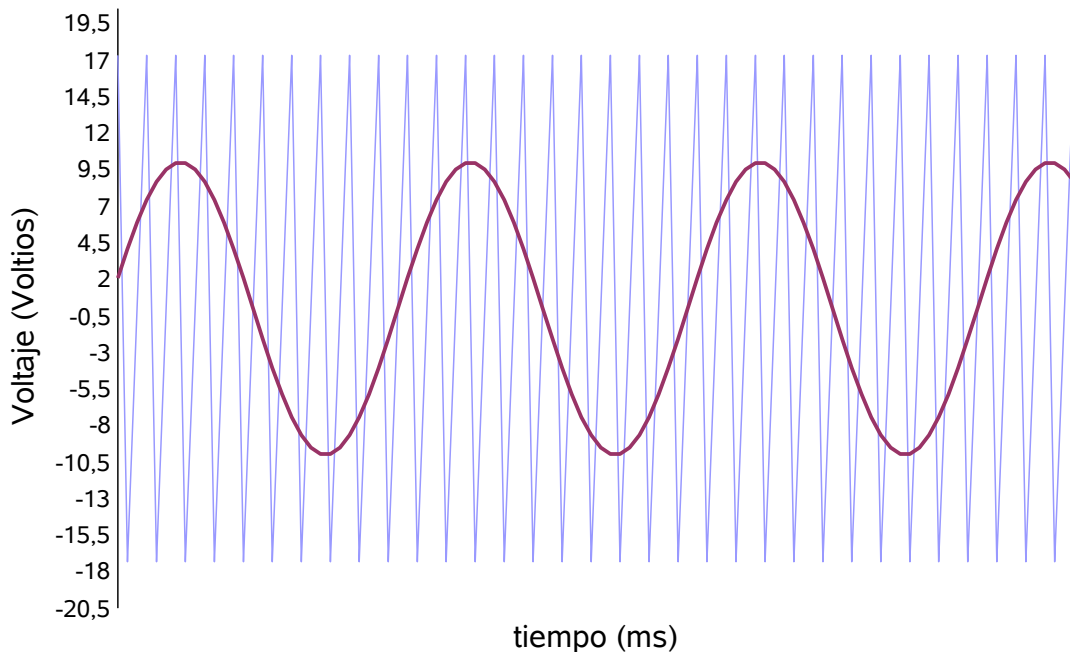
Modulación y demodulación.

Las señales electromagnéticas que pueden transmitirse por el aire (como las señales de radio, móviles o televisión) tienen que ser señales de muy alta frecuencia. Por ejemplo, las señales de AM (amplitud modulada) son de unos 500-1500 KHz y las señales de FM (frecuencia modulada) entre 80-120 Mhz aproximadamente. Si no tienen esa frecuencia tan alta, se van atenuando, perdiendo fuerza y no llegarían a nuestros receptores. De hecho, la señal que recibe una radio o una televisión, a pesar de venir con tal alta frecuencia, necesitan después una amplificación para poder reconstruir la señal original.

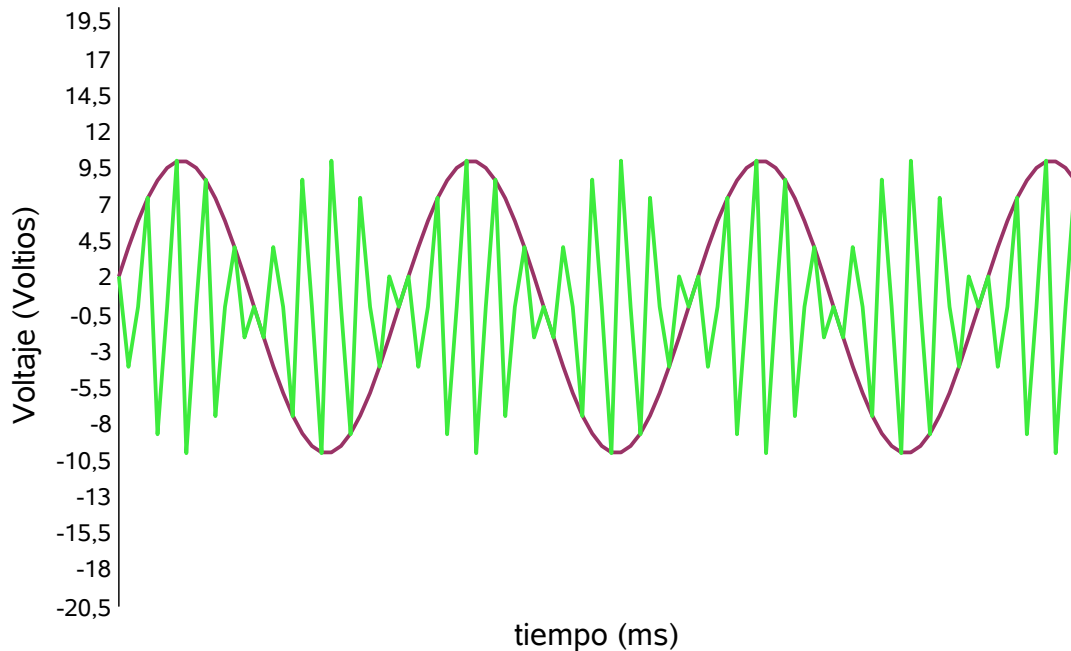
Pero las señales de audio más agudas que podemos oír sólo tienen 10KHz. ¿Cómo podemos hacer que nuestra voz (convertida en señal eléctrica) viaje por el aire sin perderse? La respuesta se llama **modulación**.

Modular es: “Cambiar alguna característica de una señal de alta frecuencia para que con ella viaje la información de otra señal de menor frecuencia”. Hay varios tipos de modulación. La que vamos a ver, más sencilla, es la **Amplitud Modulada (AM)**.

Representaré dos señales eléctricas: Una simulando la voz humana, y otra una señal modulada.

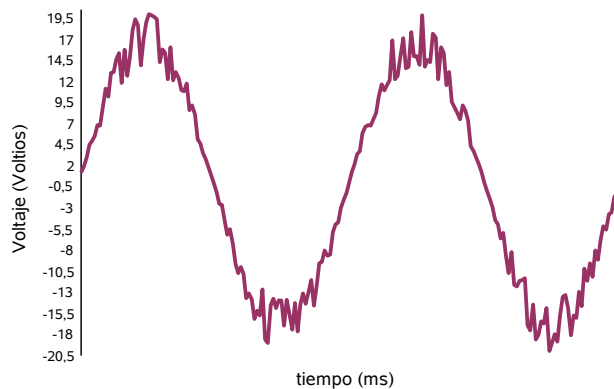


En esta gráfica (no son espectros) hay dos señales: la de más alta frecuencia es la **señal portadora**, la que viajará por el aire (azul). La señal roja (señal de un sólo tono simple), simula la voz humana. **Si multiplico en cada punto una señal por otra**, tendré la siguiente señal:

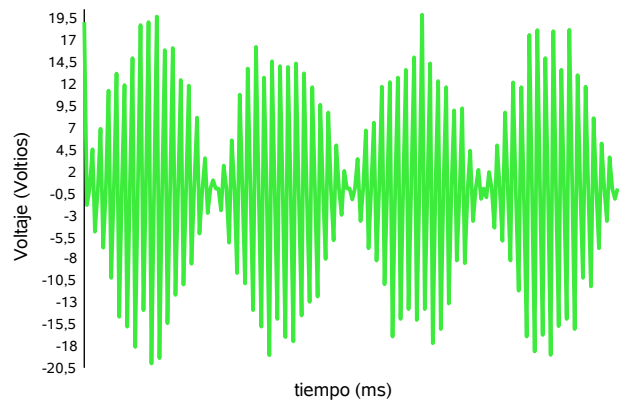


La señal verde es una señal de alta frecuencia, pero *recortada* por la señal de sonido. La señal de alta frecuencia que está recortada en amplitud se llama **señal modulada**. Esta señal en concreto, como lleva la información en su amplitud, se denomina **señal modulada en amplitud (AM)**.

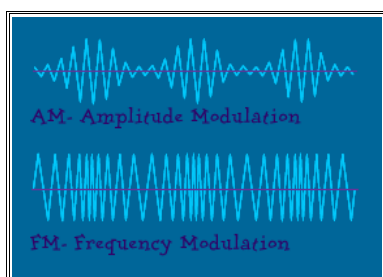
Algo más real. Si tengo una señal de sonido como la gráfica 1, tendré una modulación como la de la gráfica 2.



Gráfica 1



Gráfica 2



La demodulación es el proceso contrario: obtengo la señal original tras recibir la señal modulada. Hay otros tipos de modulaciones. La más conocida es la modulación en frecuencia o **FM**. También hay modulación en fase (Phase Modulation **PM**). Y hay modulaciones de señales digitales.

Tema 7. Relés y programadores.

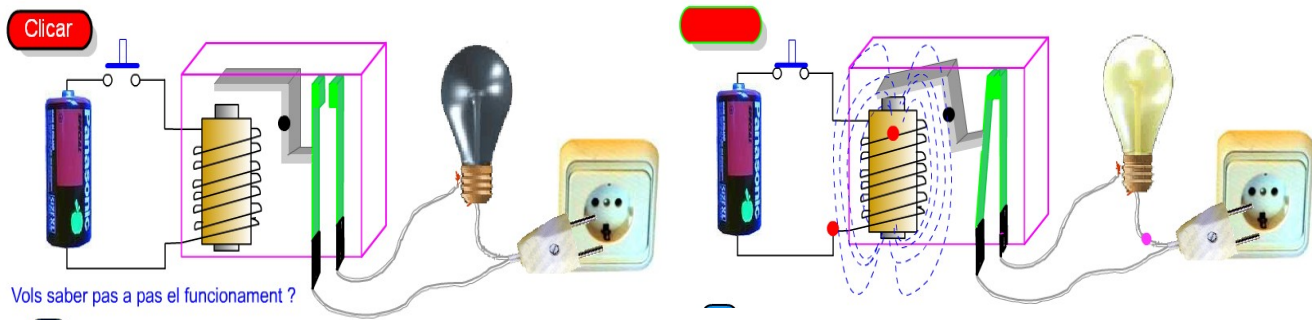
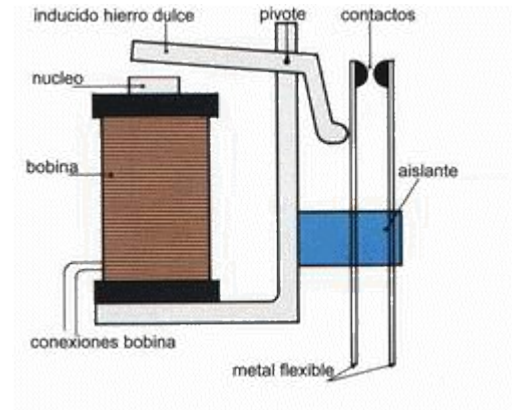
Definición

Un relé es un interruptor o un conmutador que puede conectarse a un circuito eléctrico por una parte, y a un circuito electrónico de control por otro. Así que puede servir para acoplar, por ejemplo, un encendido de luces a un programador.

Siempre que necesite controlar con un circuito programador luces, motores, resistencias... necesitaré con toda probabilidad un relé. Este consiste en dos o tres contactos que harán de interruptor (o conmutador) y que se conectan al circuito con lámparas.

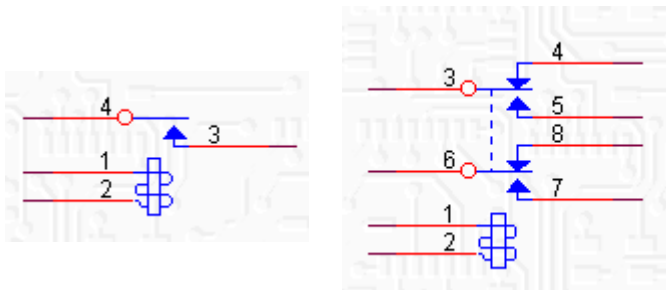
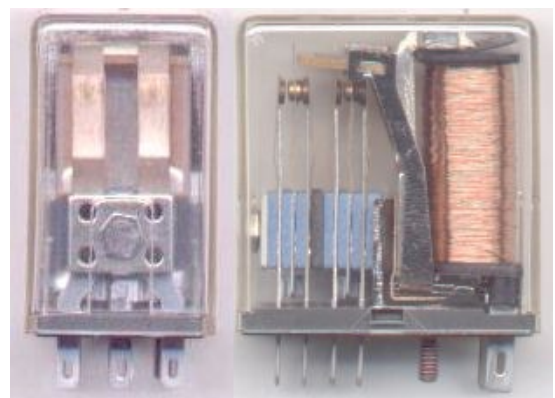
Por otra parte tenemos un electroimán conectado a una palanca con un pivote. El electroimán lo conecto al circuito electrónico. Cuando se activa atrae a la palanca, que es metálica, y el pivote une los contactos eléctricos.

Ejemplo de circuito...:



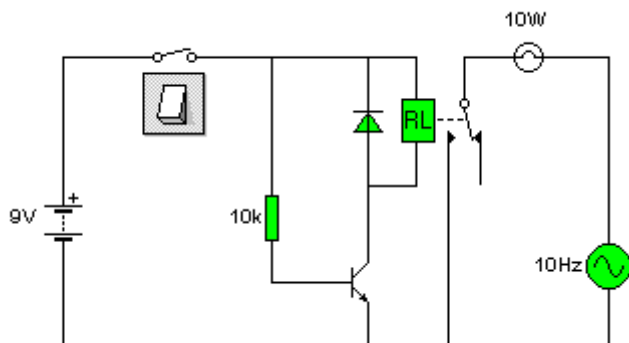
**Relé doble,
de dos conmutadores.**

Símbolos:

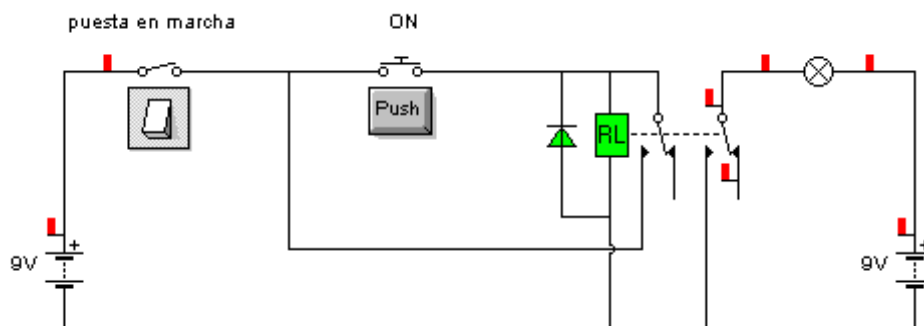


Todas las partes metálicas del relé se construyen de hierro dulce para evitar la remanencia magnética, es decir que se quede magnetizado al cesar la corriente en la bobina. De todas formas se suele poner un diodo en antiparalelo para evitarla. Los contactos son de platino o de oro. Los relés industriales suelen tener el nombre de **contactores** cuando controlan grandes potencias.

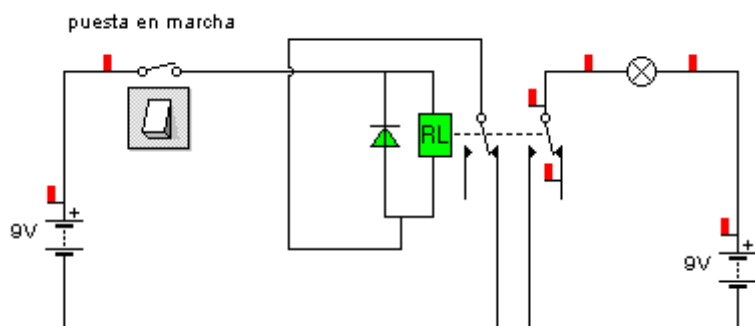
Algunos circuitos



Cuando activo el interruptor, sature el transistor y circula una intensidad por el colector, activando la bobina del relé. El conmutador cambia, y se enciende la bombilla. Tiene un diodo en antiparalelo de protección.



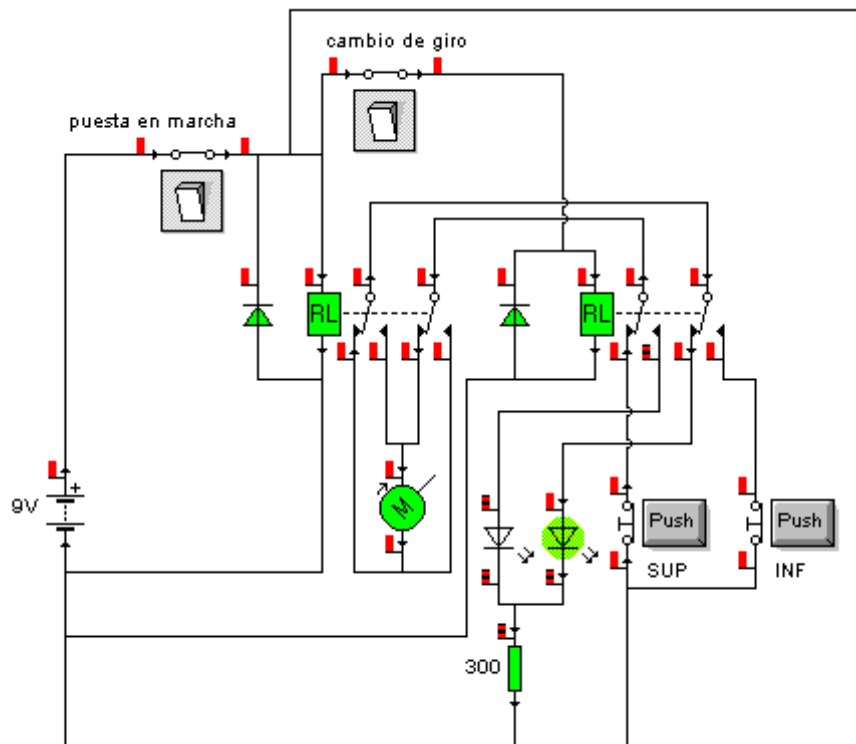
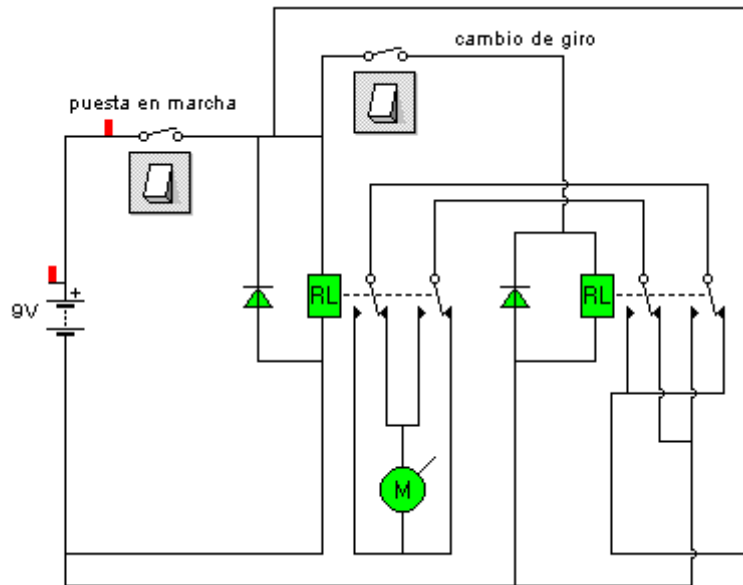
Relé con enclavamiento: el pequeño circuito de control funciona activando el interruptor de puesta en marcha. El relé no funciona hasta no apretar el pulsador de ON. Pero se queda funcionando aún después de soltar dicho pulsador. Necesito un relé doble, de dos contactos. Uno actúa sobre el circuito eléctrico de la lámpara y el otro hace de interruptor sobre sí mismo. Para desclavar el relé hay que actuar sobre el relé de puesta en marcha.



Relé zumbador o intermitente: Se utiliza sólo para obtener el movimiento rápido de la palanca y por tanto su sonido. Si se pone una lámpara en el otro circuito, se obtiene su intermitencia.

Un circuito importante: cambio de giro de un motor

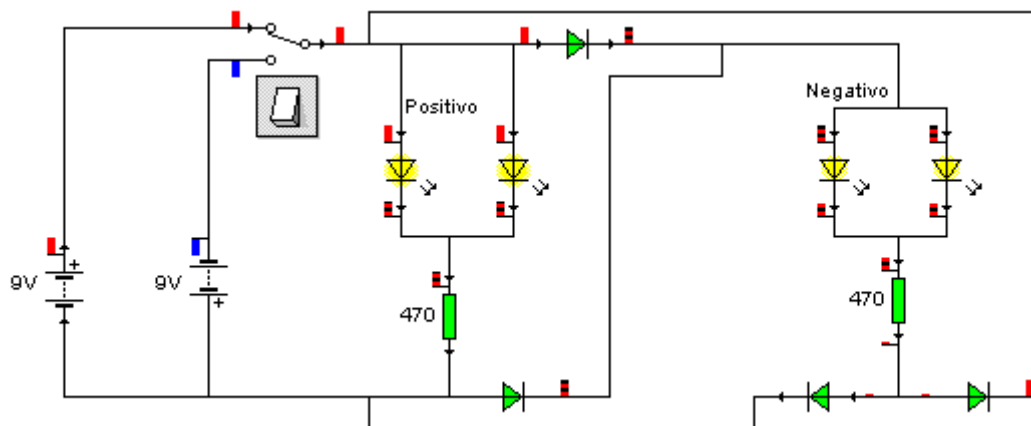
Este circuito controlado por dos interruptores y dos relés dobles permite que un motor gire en los dos sentidos. El primer relé sirve para controlar el motor. El segundo intercambia los bornes positivos y negativos del primero para que gire en los dos sentidos. El de abajo, más completo, se aumenta la funcionalidad con led's indicando el sentido y fines de carrera para circuitos con ascensor.



Anexo 1. Prácticas

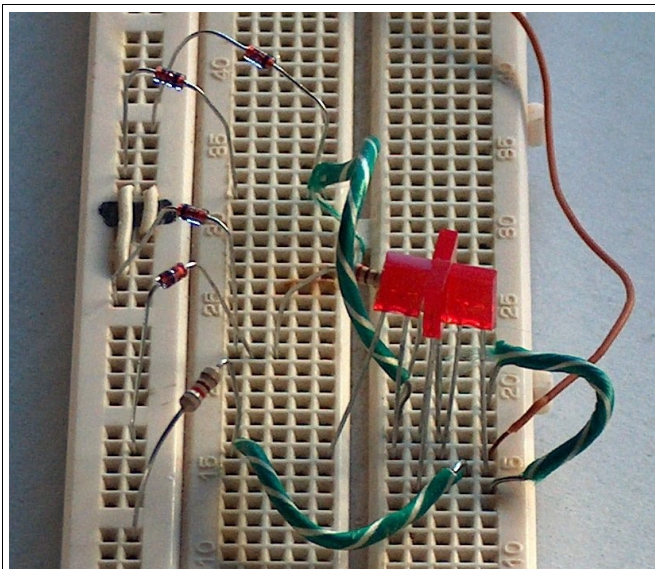
Diodos: Prácticas con diodos led's.

Montar el siguiente circuito, primero con el simulador Cocodrile (o similar).



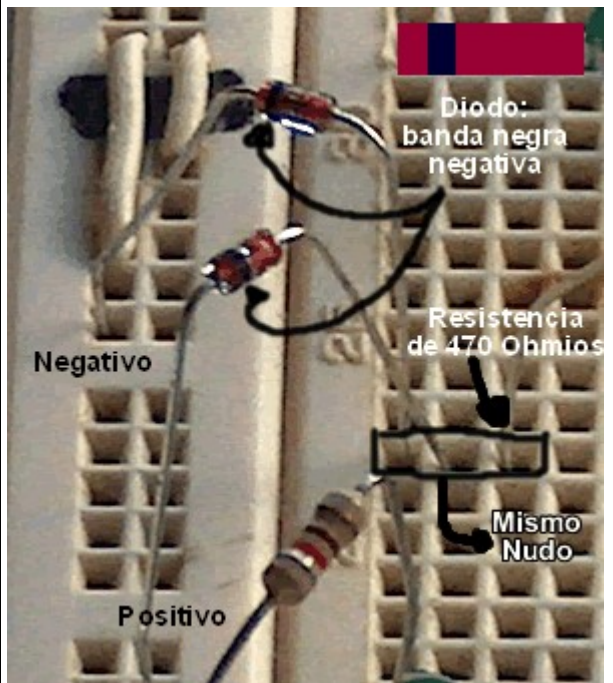
Este circuito está compuesto por diodos LED, resistencias y diodos de Germanio 1N4148. Los diodos están dispuestos formando un símbolo “+”. Si pongo una pila con el positivo y el negativo en el orden correctos se encenderá el símbolo entero. Si se conecta al revés, sólo el símbolo “-”. El efecto mejora si podemos conseguir diodos LED'S rectangulares planos.

Posteriormente montaremos el circuito en la placa protoboard siguiendo el siguiente esquema:



Este es el circuito que tendremos que montar. Observar los diodos LED en forma de cruz. Además tenemos cuatro diodos de Germanio 1N4148 (el negativo o zona N es donde está la banda negra) y dos resistencias (entre 300 Ohmios y 1K Ω) de 470 Ohmios. También necesitaremos algunos cables. Cuando ponga la fuente de tensión (unos 5 Voltios) con el positivo de la fuente en el positivo de la placa e idem con el negativo, se iluminará toda la cruz. Si le doy la vuelta, sólo dos diodos formando el signo menos.

Primer Paso: Diodos de Germanio. Los diodos de Germanio se pondrán de la siguiente forma:



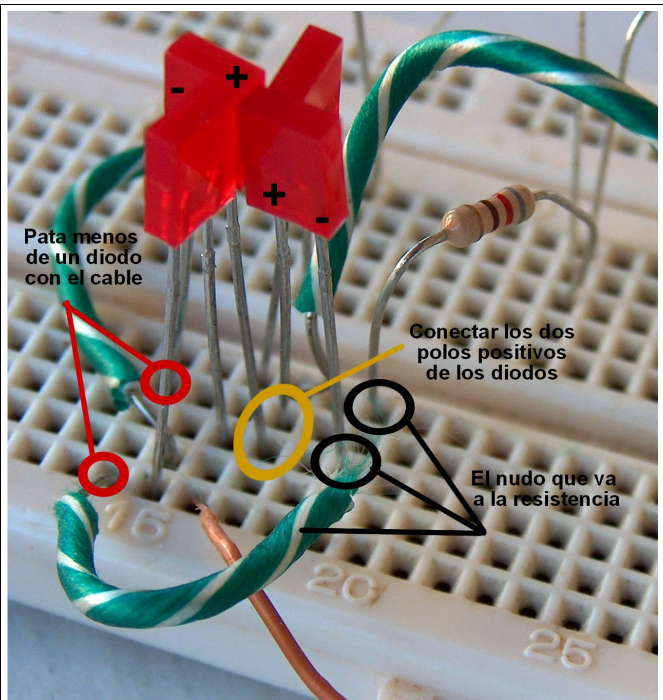
Negativo

Al positiv

Un nudo abajo

Mismo nudo

Mismo nudo

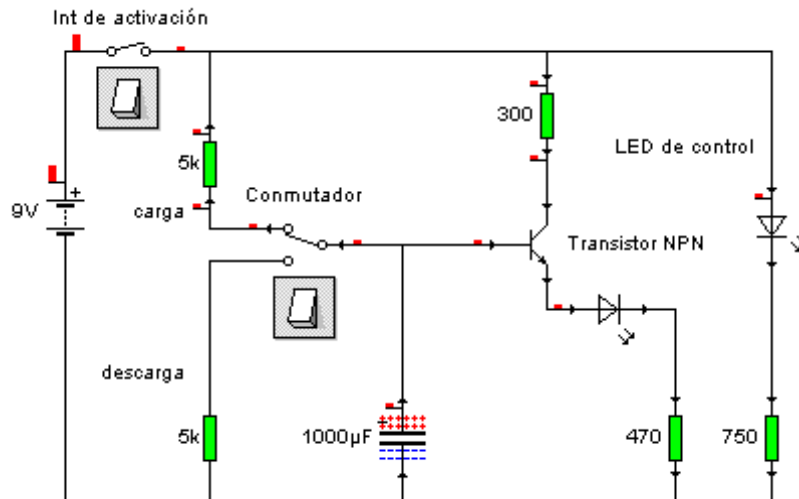


Página 48 de 57

Práctica de Carga y Descarga de un condensador.

Carga

Montar el siguiente circuito con el simulador Cocodrile (o similar).



Al principio, dejar el interruptor de activación desconectado y el conmutador en zona de carga. Cuando active el interruptor, contar el tiempo que pasa hasta que el LED del transistor se encienda e ilumine como el LED de control.

Tiempo que tarda en encenderse: _____ segundos.

Multiplicar el valor de R y el de C . $R \cdot C = (5 \cdot K \Omega) \cdot (1000 \cdot \mu F) =$ _____ seg.

Comprobar que aproximadamente el tiempo que tarda en encenderse es el doble que el producto de R por C.

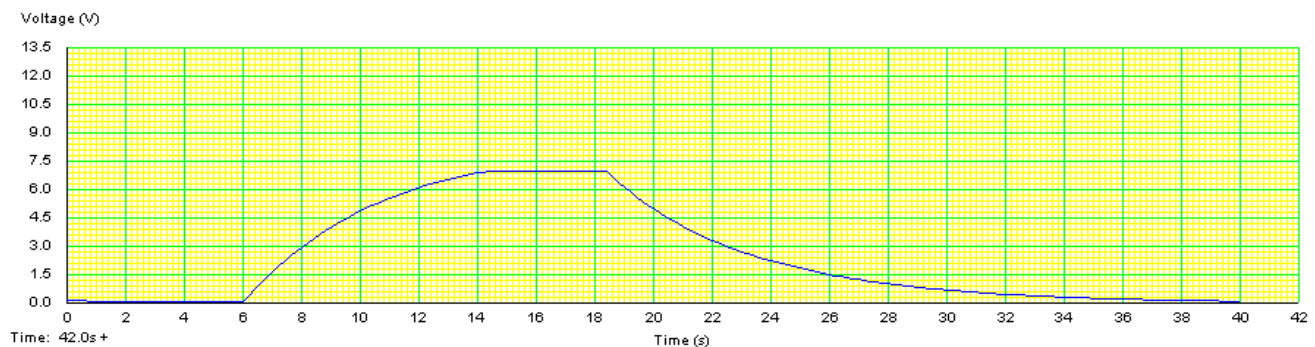
Descarga

Conmutar el conmutador a la zona de descarga y contar el tiempo que tarda en apagarse...:

Tiempo de apagado: _____ segundos.

¿Hay diferencias con el tiempo de carga? ¿Cuáles?

Gráfica de la carga y descarga de un condensador.

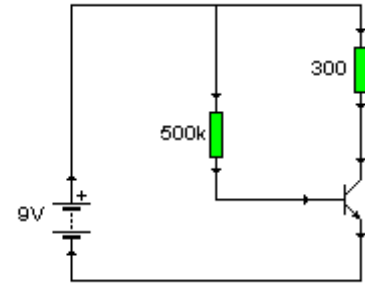


Estudiar un circuito con transistores.

Ejercicio

En el siguiente circuito, calcular mediante fórmulas y mediante el simulador eléctrico Cocodrile (o similar), las intensidades de colector, de emisor, de base y la tensión V_{CE} . La ganancia del transistor es $\beta=100$.

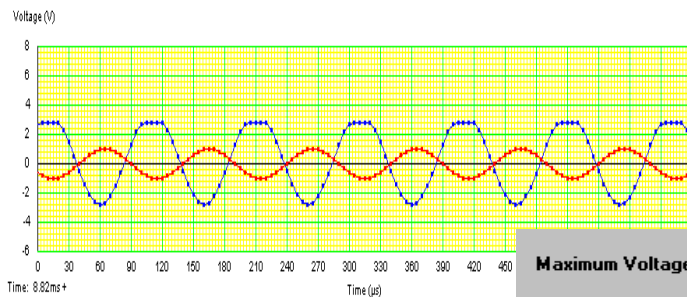
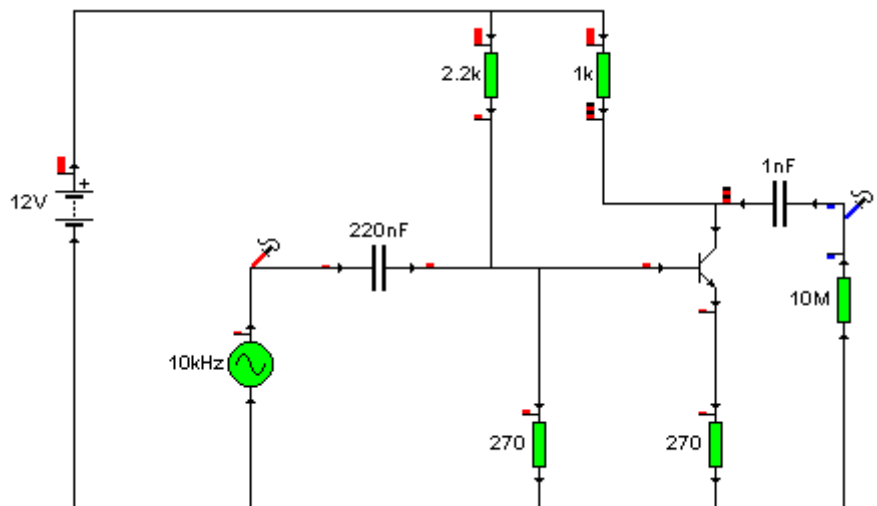
Repetir los cálculos para $\beta=50$.



Amplificación

Montar el siguiente circuito. La señal de radio frecuencia (10KHz y 1 Voltio) es aplicada a través de un condensador a la base del transistor.

Poner las sondas del osciloscopio. La roja en la señal de RF y la azul en la señal de la resistencia de 10 MΩ. Observar que la señal azul es mayor que la roja, o sea, se amplifica. También se invierte.

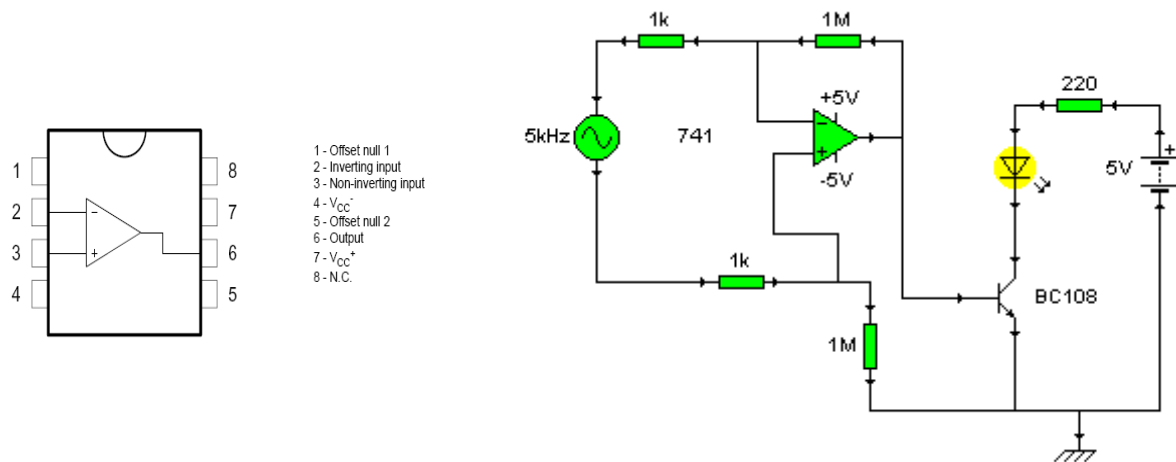


Los parámetros del osciloscopio se muestran aquí abajo...

Maximum Voltage: 6.	Time per Division: 30.	OK
Minimum Voltage: -6.		Cancel
Voltage Units	Time Units	Default
<input checked="" type="radio"/> V (volts)	<input type="radio"/> s (seconds)	Help
<input type="radio"/> mV (milli-volts)	<input type="radio"/> ms (milli-seconds)	
	<input checked="" type="radio"/> μs (micro-seconds)	
	<input type="radio"/> ns (nano-seconds)	
	<input type="radio"/> ps (pico-seconds)	
Viewing Options	Differential Voltage Measurement	
<input checked="" type="checkbox"/> Auto Pause when Full	<input type="checkbox"/> RedTrace = Red - Blue Probe	
	<input type="checkbox"/> Purple Trace = Purple - Green Probe	

Prácticas con u741

Montar el circuito de la figura en el simulador (Cocodrile). Ver que el LED parpadea.

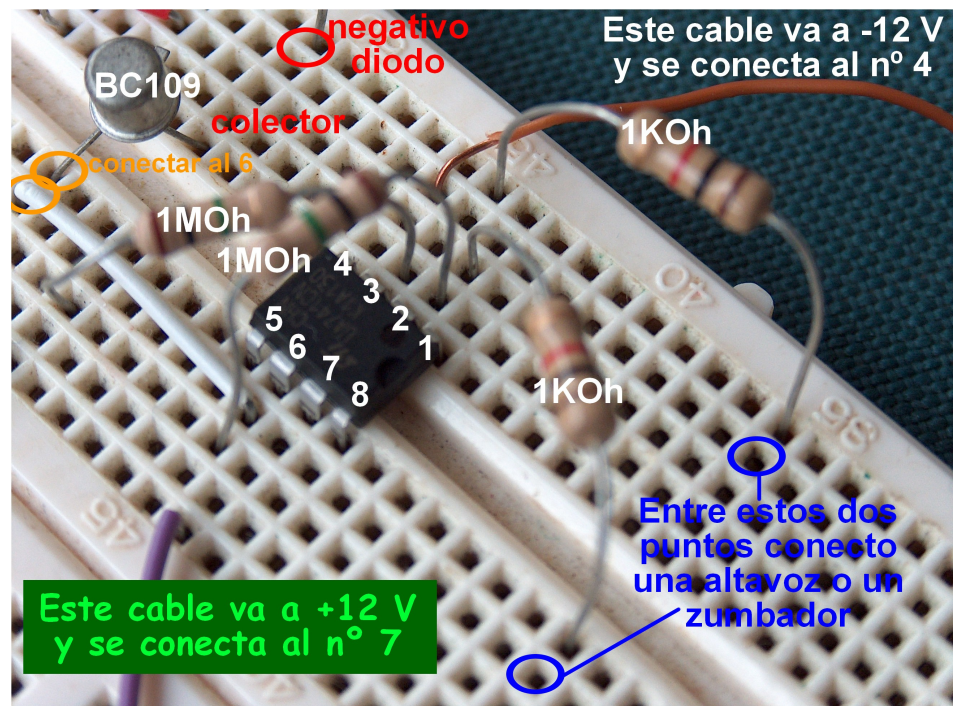


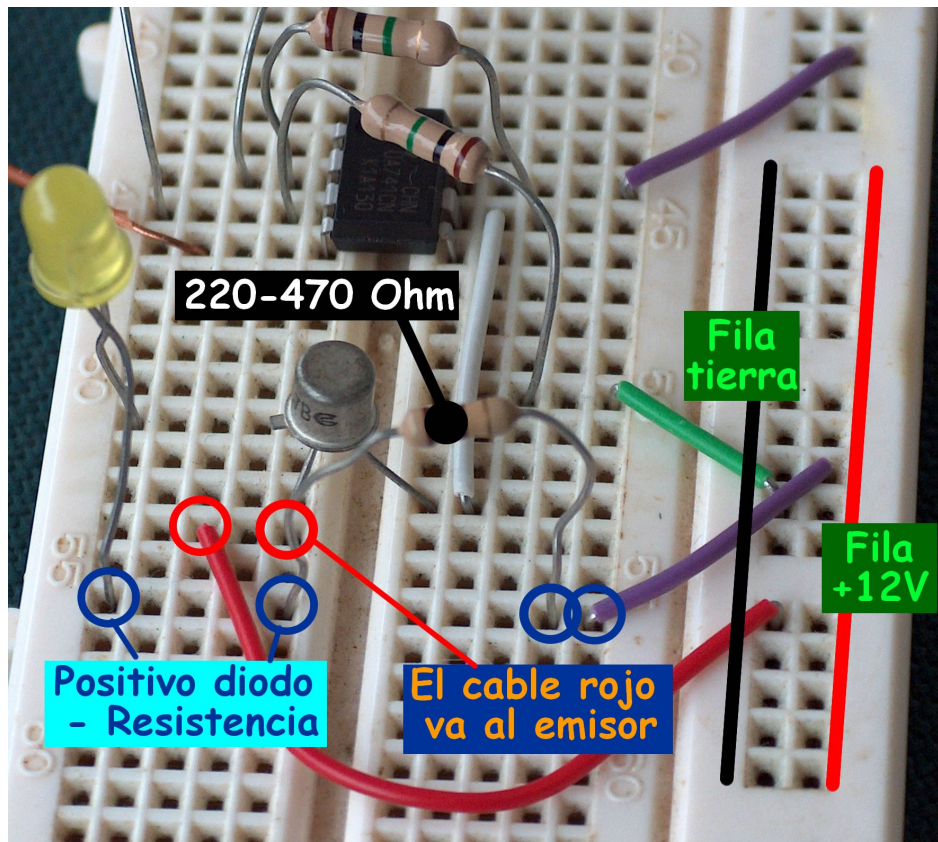
Podemos montarlo en la placa protoboard sabiendo que:

- La tensión del u741 debe ser dual a +15V y -15V.
- La señal de RF la sustituimos por un altavoz o un zumbador , sobre el que haremos ruido.

En esta fotografía apreciamos el montaje del circuito integrado uA741, que debe ir en el centro de la placa protoboard.

También tenemos un BC107, 108 ó 109 (transistor NPN). El terminal Base está en el medio y el Emisor es el que esté más cerca de una pestaña metálica que tiene.

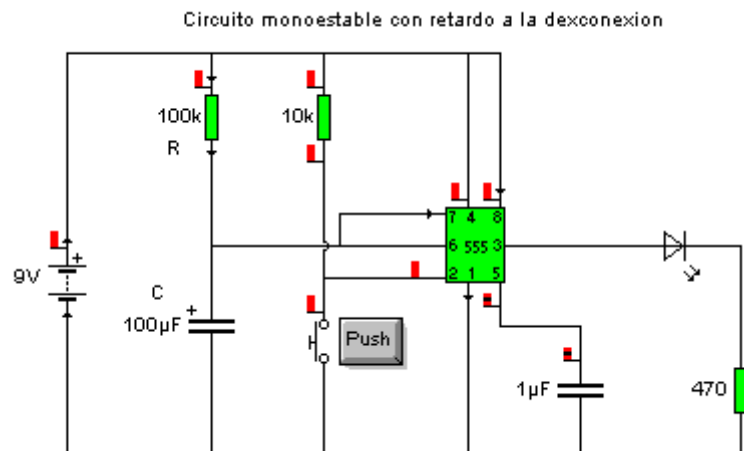




Prácticas con NE555

Montar en el Cocodrile el siguiente circuito temporizador. Calcula teóricamente y en la práctica (con un cronómetro) el tiempo que tarda en apagarse el LED con varios valores de R y C.

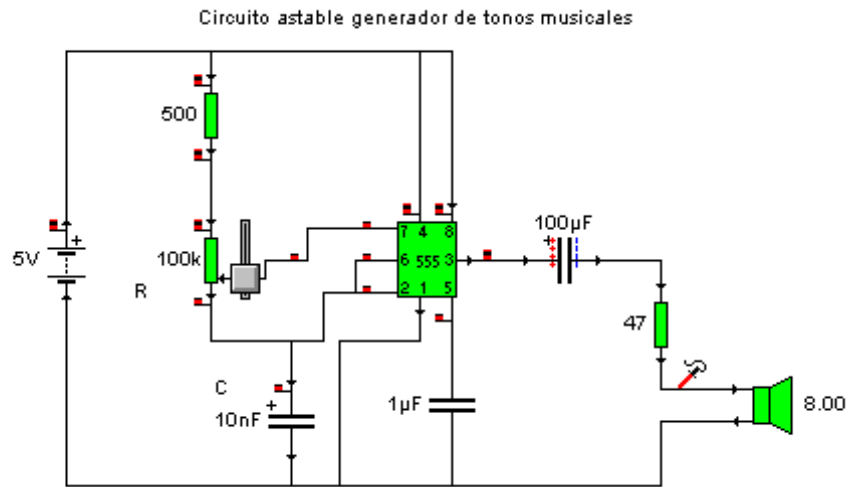
$$T = 1.1 \cdot R \cdot C$$



Valor de R	Valor de C	Tiempo teórico	Tiempo práctico
100 KΩ	100 µF		
100 KΩ	300 µF		
1 MΩ	10 µF		

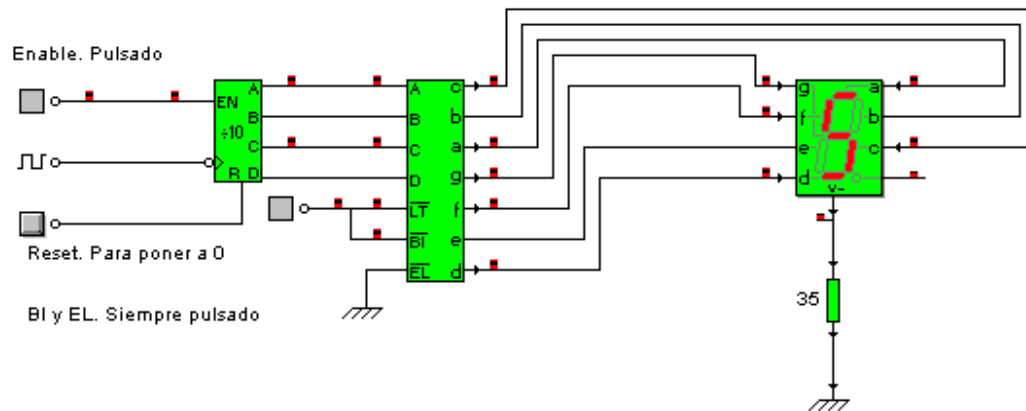
Montar el circuito siguiente...:

Comprobar que se puede escuchar el altavoz con distintas notas al variar el potenciómetro.

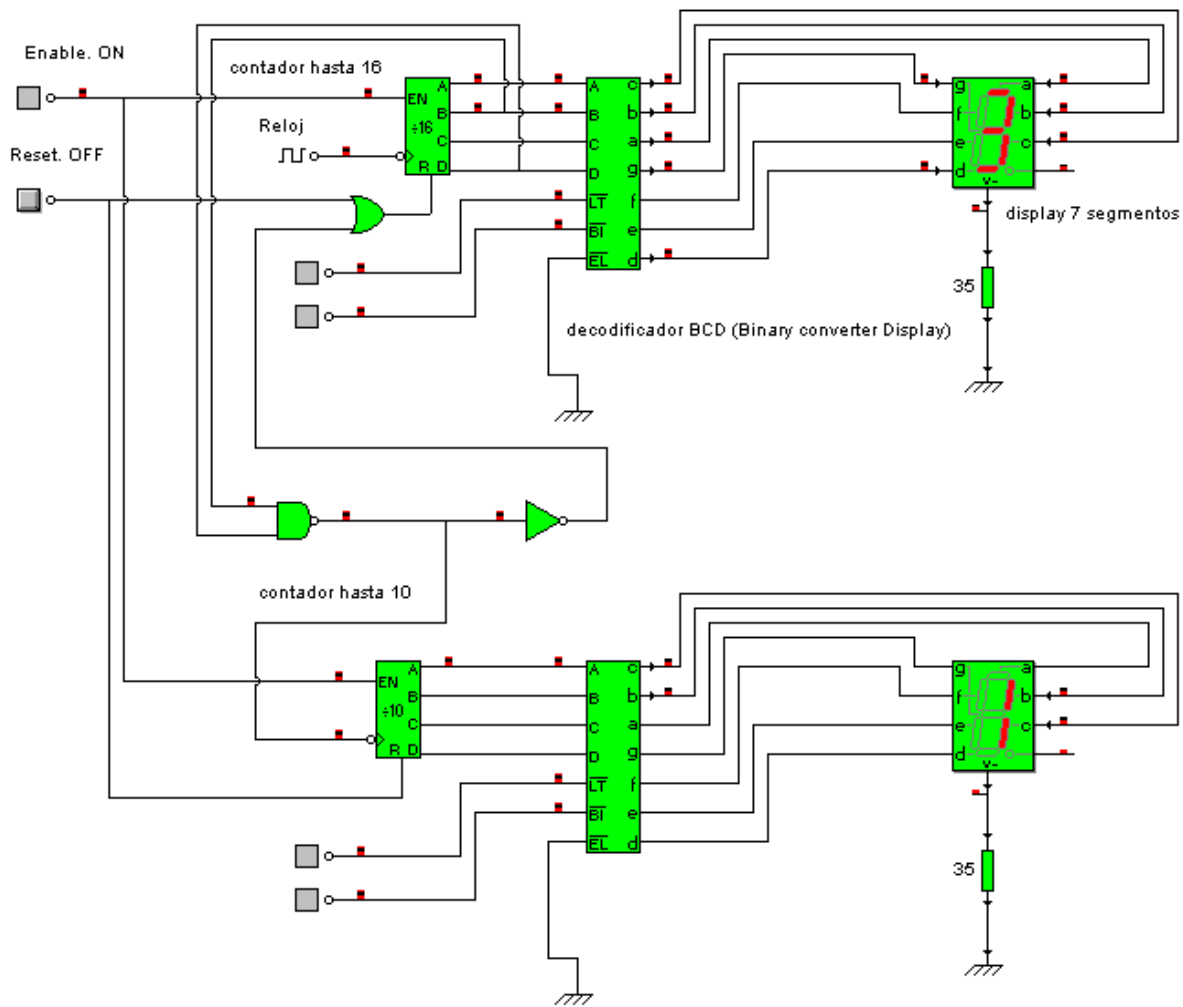


Puertas lógicas.

Monta el siguiente circuito con el simulador Cocodrile. En opciones (OPTIONS) marcar la opción de componente indestructibles. (Indestructibles Components). Comprobar como en el display se cuenta de cero a nueve.



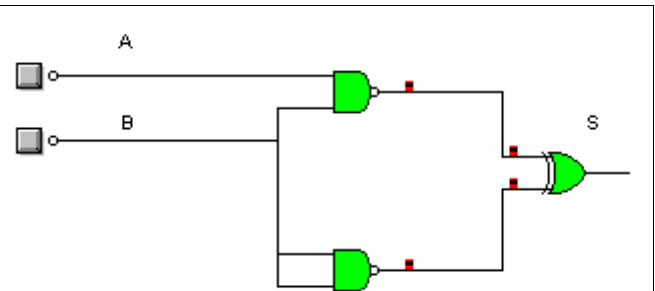
El siguiente es una variación del segundo y cuenta de 0 a 99...:



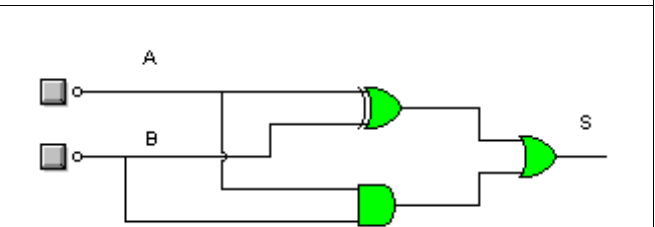
Ejercicios de tablas de la verdad.

De los siguientes circuitos de dos entradas completar su tabla de la verdad. Representar el circuito en el Cocodrile y comprobarlo.

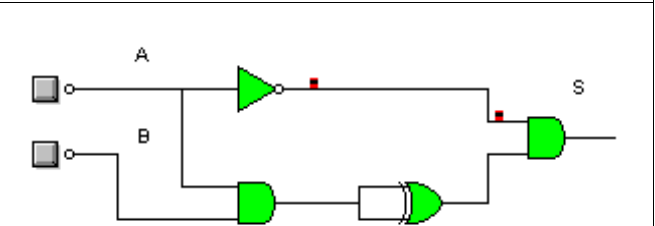
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>S</i>
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	



<i>A</i>	<i>B</i>	<i>S</i>
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	



<i>A</i>	<i>B</i>	<i>S</i>
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	



Modulación.

Este ejercicio pretende simular la modulación de la voz humana. Lo haremos con un documento nuevo de Openoffice del tipo Hoja de Cálculo.

1º) Introducimos la información de las ondas (son senoidales) en las casillas del cuadro adjunto. Esta información es la de la frecuencia, amplitud y período de ambas ondas. En B2 y en B6 introducimos los datos de frecuencia. En B4 pondremos... $=1/B2$ y en B8 se pondrá... $=1/B6$.

	A	B
1		
2	Frecuencia Onda Portadora	1,00E+05
3	Amplitud Onda Portadora	10
4	Período Onda Portadora	0,00001
5		
6	Frecuencia Onda	5000
7	Amplitud Onda	5
8	Período Onda	0,0002

2º) En C2 introducimos un 1, en C3 un 2... así hasta C501 donde introduciremos un 500. Este proceso se puede hacer mediante el arrastre de números.

	A	B	C
1			
2			1
3			2

3º) En la casilla D2 escribimos... $=C2*\$B\$4/10$ y arrastro la fórmula hasta el número 500.

4º) En la casilla E2 escribimos... $=\$B\$3*SENO(2*PI()*\$B\$2*D2)$ y arrastro hasta el número 500.

5º) En la casilla F2 escribimos... $=\$B\$7*SENO(2*PI()*\$B\$6*D2)$ y arrastro hasta el número 500.

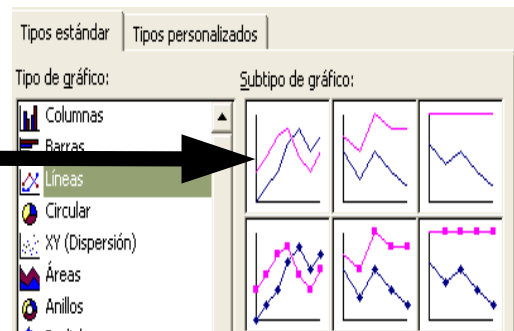
6º) En la casilla G2 escribimos... $=E2*F2$ y arrastro hasta el número 500.

7º) Selecciono el RANGO E2:F501

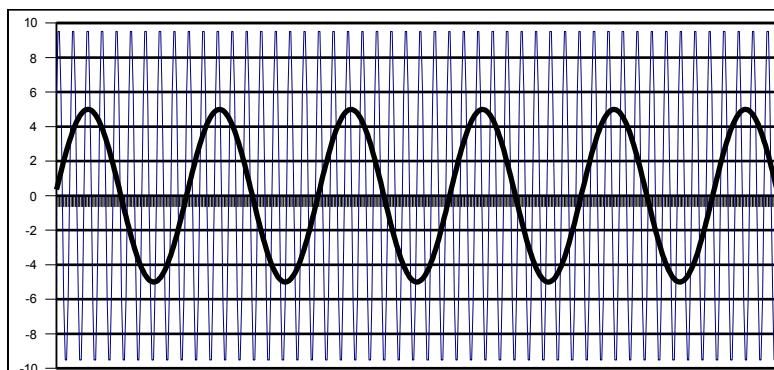
8º) Pulso el Botón de Gráficos



9º) Abro un área de gráfico y sigo adelante. Escojo el tipo de gráfico (Gráfico de líneas) y pulso CREAR.



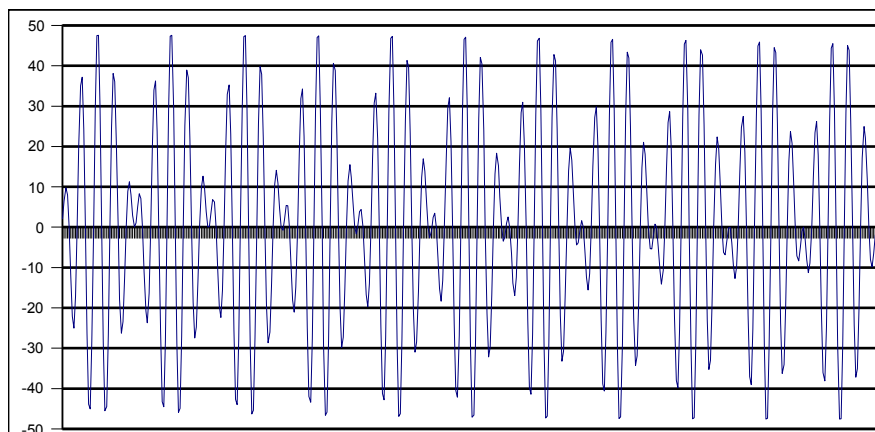
10º) Deberá aparecer el gráfico siguiente:



Este gráfico representa la ONDA PORTADORA (Serie 1) y la onda normal (Serie 2)

11º) A continuación selecciono el RANGO G2:G501 y pulso el botón de Gráficos. Escojo como antes el mismo tipo de

línea, y aparecerá el gráfico siguiente. Es la ONDA MODULADA

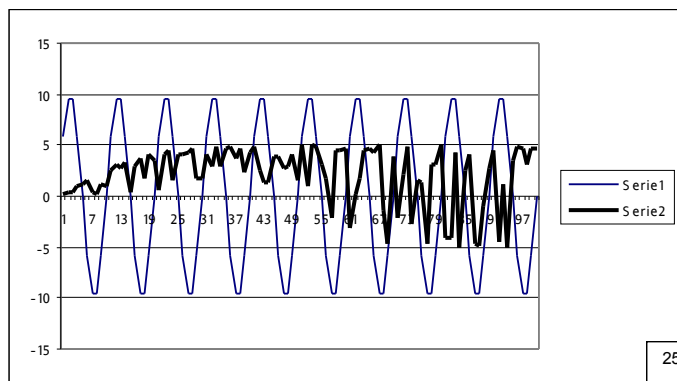


12º) Obtén varias gráficas, cambiando el valor de la frecuencia de la onda (B6) desde 1000 hasta el valor 10000, de 1000 en 1000.

13º) Haz lo siguiente en tu cuaderno:

- Resume en 2 ó 3 líneas lo que es la MODULACIÓN.
- Observa bien las gráficas que salen. Contesta a estas preguntas... ¿En qué se nota que la ONDA MODULADA lleva información de la ONDA PORTADORA? ¿En qué se nota que lleva información de la ONDA normal?
- Dibuja una gráfica de ONDA MODULADA cualquiera, con la frecuencia que te guste. Por ejemplo, a 6000 ó a 3000.

NOTA: Hemos modulado señales PARECIDAS a la voz humana pero no iguales. Para que veas como es la voz humana y su modulación, puedes ver la siguiente gráfica...:



Onda Portadora y
Onda que simula
la voz humana

Onda de voz
modulada.

